

C-1306 #15

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

S-E-C-R-E-T

50X1-HUM

COUNTRY USSR

REPORT

SUBJECT Soviet Metallurgy Handbook

DATE DISTR. 20 January 1964

NO. PAGES 5

REFERENCES

DATE OF INFO.

50X1-HUM

PLACE & DATE ACQ.

50X1-HUM

THIS IS UNEVALUATED INFORMATION. SOURCE GRADINGS ARE DEFINITIVE. APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.

Soviet handbook, 50X1-HUM
Spravochnik po metallicheskim materialam (Handbook of Metallic Materials)

The handbook is in two volumes:
 chast 1, chernyye metally (part 1, ferrous metals); chast 2, tsvetnyye metally i splavy (part 2, nonferrous metals and alloys).

50X1-HUM

S-E-C-R-E-T

GROUP 1
 Excluded from automatic
 downgrading and
 declassification

STATE	DIA	#	ARMY	#	NAVY	AIR	#	NSA	#	JCS	OCR	NIC
(Note: Field distribution indicated by "#")												

USA

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

EXPEDITE

B-23 A

50X1-HUM

Page Denied

~~S-E-C-R-E-T~~

-2-

PART I - FERROUS METALS

Introduction	5
Signs and symbols used in tables and diagrams	10
1. Structural Carbon Steels	13
Low-carbon Steel, High-grade, Structural 08 KΠ	15
Low-carbon Steel 10, 10 KΠ	25
" " " 15, 15 A (Select)	31
" " " 20, 20 A	35
Medium-carbon Steel 25	43
" " " 35	51
" " " 45	60
Free-cutting Steel A-12	71
Free-cutting Steel A-20	77
2. High Strength Alloy Steels	81
Manganese Low-carbon Steel 15Г1А(10Г2)	83
" " " " 12Г2А	91
Chromium Structural Steel 40X	105
Chromium Manganese Vanadium Steel 25XГΦА	115
Chromium Silicon Manganese Steel 25XГСА	123
" " " " 30XГСА	133
3. Steel with Special Properties	151
Heat-resistant Chrome Molybdenum Low-carbon, with Increased Chemical Stability Steel 12X5MA	153
Stainless Chromium Steel 1X13(3XK1)	168
" " " 2X13(3XK2)	174
Acid-resisting Chrome-nickel Steel 1X18H9(91), 2X18H9(92)	179
Acid-resisting Chrome-nickel Steel with Titanium 1X18H9T(91T)	185
Electrotechnical Sheet Steel 342(34AA)	194
Very Low-carbon Electrotechnical Steel (Iron Type Armko) A and 3AA	200

~~S-E-C-R-E-T~~

S-E-C-R-E-T

-3-

4. Tool Steels	213
High-carbon Tool Steel <i>Y7 and Y7A</i>	215
" " " " <i>Y8A</i>	221
" " " " <i>Y2A</i>	227
Chromium Tool Steel <i>XF</i>	234
5. Elastic (Spring) Steels	241
Carbon Elastic Steel <i>A-1, A-11, B-1, B-11</i>	243
High-grade Carbonic Elastic Steel <i>70(OBC)</i>	260
Manganese Elastic Steel <i>65F</i>	265
Silicon Elastic Steel <i>60C2A</i>	274
Tungsten Silicon Elastic Steel <i>65C2BA</i>	286
Chrome Vanadium Elastic Steel <i>50XΦA</i>	298
6. Cast Iron	309
Gray Iron Casting <i>C415-32, C418-36</i>	311
Antifriction Gray Iron Casting <i>C44-1-C and C44-1-C55</i>	318

PART II - NON-FERROUS METALS AND ALLOYS

1. Deformable Aluminum Alloys	3
Technical Aluminum <i>AD1, AD</i>	5
Aluminum-Manganese Alloy <i>AM4</i>	11
Aluminum-Magnesium Alloy <i>AMr</i>	17
" " " <i>AMr3</i>	22
" " " <i>AMr5B</i>	28
" " " <i>AMr6T</i>	34
" " " <i>AMr5D</i>	39
Avialite <i>AB</i>	41
Avialite of Increased Durability (Forging) <i>AK6</i>	49
Duraluminum <i>D1</i>	53
Duraluminum of Increased Durability <i>D16</i>	60
Duraluminum of Increased Plasticity <i>D18D</i>	71
Duraluminum of Increased Durability (forging) <i>AK8</i>	74

S-E-C-R-E-T

50X1-HUM

~~S-E-C-R-E-T~~

-4-

Deforming Aluminum Alloy of Increased Heat-resistance (forging) <i>AK 8</i>	80
2. Casting Aluminum and Magnesium Alloy	85
Casting Aluminum Silicate Alloy <i>AA 2</i>	87
Casting Aluminum Silicate Alloy with Magnesium and Manganese <i>AA 4</i>	91
Casting Aluminum Silicate Alloy with Copper and Magnesium <i>AA 5</i>	95
Casting Aluminum Magnesium Alloy with Silicate and Manganese <i>AA 13</i>	100
Casting Magnesium Alloy with Aluminum and Zinc <i>MA 3</i>	105
Casting Magnesium Alloy with Aluminum Zinc and Manganese <i>MA 5</i>	109
Casting Magnesium Alloy with Aluminum and Zinc <i>MA 6</i>	113
3. Copper, Lead and Alloys with Copper Base	117
Copper <i>M 1, M 2, M 3</i>	121
Lead <i>C 4</i>	125
Semitompak <i>MB 0</i>	130
Brass <i>MB 2</i>	135
Plumbous Brass <i>MC 59-1</i>	140
Ferrous Manganese Brass <i>MAK M 4 59-1-1</i>	145
Aluminum Ferrous Brass <i>MAK 60-1-1</i>	150
Stannic Phosphorous Bronze <i>Br. O 6.5-0.15</i>	155
Stannic Plumbous Bronze <i>Br. OC 5-25</i>	160
Aluminum Ferrous Bronze <i>Br. AK 9-4</i>	165
Aluminum Ferrous Manganese Bronze <i>Br. AK M 4 10-3-1.5</i>	170
Beryllium Bronze <i>Br. B</i>	175
4. Solder	180
Brazing (hard) Solder: Copper, Brass and Copper-Zinc Alloys, Silver Solder	185
Soft Solder <i>POC 90, POC 40, POC 30, POC 18,</i> <i>POCC 4-6</i>	190

S-E-C-R-E-T

Описание

Латунь алюминиево-железная ЛАЖ60-1-1	182
Бронза оловянно-фосфористая Бр. ОФ 6,5-0,15	187
Бронза оловянно-свинцовая Бр. ОС 8-25	193
Бронза алюминиево-железная Бр. АЖ 9-4	196
Бронза алюминиево-железо-марганцевая Бр. АЖМн 10-3-1,5	204
Бронза бериллиевая Бр. Б	217
	231

4. Припой	
Припой твердые металлы, латуни и медноцинковые сплавы	233
серебряные припои	233
Припой медные ПОС 90, ПОС 40, ПОС 30, ПОС 18, ПОС 16	239

ЗАМЕЧЕНИЯ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
47	1 строку, в графе таб. лисы «Источники»	(АЛМ, АД)	(АЛМ, АД, АДМ, АД)
47	4-я графа, 7-й столбец	ГОСТ 94-52	ГОСТ 94-52
47	4-я графа, 8-й столбец	0,072 г/см ³ см	0,072 г/см ³ см
47	4-я графа, 9-й столбец	III. Технологические свойства	III. Технологические свойства
47	4-я графа, 10-й столбец	Al, Fe, Mn	Al, Fe, Mn
47	4-я графа, 11-й столбец	Температура, °C	Температура, °C
47	4-я графа, 12-й столбец	ж) Коэффициент трения	ж) Коэффициент трения
47	4-я графа, 13-й столбец	ПС60 43,3-50,5	ПС60 43,3-50,5
47	4-я графа, 14-й столбец	0,05	0,05

Справочник по металлам, ч. II, изд. № 302-343, 579

4. Приложения

Таблица 6 (продолжение)

Номер флюса; состав, %	Назначение	Приготовление, свойства и применение флюсов
Флюс ЛМ-1 Спирт этиловый или этиленгликоль 400 см ³ ортофосфорная кислота (уд. вес 1,62) 1,71—100 см ³ калийфторид в порошке 30 г	Для пайки нержавеющей стали мягкими припоями	При пайке с этим флюсом рекомендуется применять припой ПОС 40 и ПОС 30. Наиболее прочный шов получается при пайке оловом с добавлением 1% свинца. Остатки флюса после пайки не вызывают коррозии нержавеющей стали.

ИСТОЧНИКИ

1. Металлы цветных металлов и сплавов: Вып. 12, 1950.
2. Сборник научно-исследовательских работ по сплавам замещения: Металлургия, М., 1941.
3. А. И. Шпатагин. Данные института Гиропрометметаллургии.
4. В. И. Костенев и А. И. Иванченко. Механические свойства металлов и сплавов при статической нагрузке при низких температурах. ЖТФ: Вып. 5. Т. XVI. Прилож. стр. 551—554, 1946.
5. Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. М., Оборонгиз, 1950.
6. Данные НИИ П. к. 1949.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1 Деформируемые алюминиевые сплавы	3
Технический алюминий АД1, АД	5
Алюминиево-марганцевый сплав АМц	11
Алюминиево-магнийевый сплав АМг	17
Алюминиево-магнийевый сплав АМгЗ	22
Алюминиево-магнийевый сплав АМгВ	28
Алюминиево-магнийевый сплав АМгТ	34
Алюминиево-магнийевый сплав АМгСП	39
Авиаль АВ	41
Авиаль повышенной прочности (ковочный) АК6	49
Дуралюмин Д1	53
Дуралюмин повышенной прочности Д16	60
Дуралюмин повышенной пластичности Д18П	71
Дуралюмин повышенной прочности (ковочный) АК8	74
Деформируемый алюминиевый сплав повышенной жаропрочности (ковочный) АК4	80
2 Литейные алюминиевые и магниевые сплавы	85
Литейный алюминиево-кремниевый сплав АЛ2	87
Литейный алюминиево-кремниевый сплав с магнием и марганцем АЛ4	91
Литейный алюминиево-кремниевый сплав с медью и магнием АЛ5	96
Литейный алюминиево-магнийевый сплав с кремнием и марганцем АЛ13	100
Литейный магниевый сплав с алюминием и цинком МЛ3	103
Литейный магниевый сплав с алюминием, цинком и марганцем МЛ5	108
Литейный магниевый сплав с алюминием и цинком МЛ6	115
3 Медь, свинец и сплавы на медной основе	121
Медь М1, М2, М3	123
Свинец С4	126
Полутомпак Л89	141
Латуны Л62	151
Латуны свинцовистая ЛС 59-1	163
Латуны железисто-марганцевистая ЛЖМ 53-1	175

4. Припой

2. Механические свойства припоя при повышенных температурах [3].

Таблица 3

Марка припоя	Свойства	Температура испытания, °C				
		20	50	100	150	200
ПОС 40	σ _{0,2}	3,8	2,95	1,71	1,35	0,0
(80% Pb, 40% Sn)	ε	62,0	—	31,6	21,7	0,0
	η	—	100,0	75,0	40,0	0,0

3. Механические свойства некоторых нестандартных припоев при нормальной и пониженной температуре [4].

Таблица 4

Химический состав, %	Температура испытания, °C								
	+17			-183			-253		
Sn Pb	σ _{0,2}	ε	η	σ _{0,2}	ε	η	σ _{0,2}	ε	η
100 —	3,6	29,0	91,0	7,1	4,0	4,0	7,3	0,6	0,0
45 55	5,4	17,0	62,0	13,0	3,0	6,0	17,0	3,0	1,0
25 75	5,2	21,0	84,0	12,5	13,5	26,0	17,0	16,0	23,0

III. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ 5, 6

Таблица 5

Марка припоя	Применение
ПОС 90	Для пайки внутренних швов в пищевой посуде и медико-хирургической аппаратуре.
ПОС 40	Для пайки приборов и электрических контактов.
ПОС 30	Для пайки стальных, медных, латунных деталей, безводной жести, бронзы и сплавов на их основе. Для пайки коммутационных контактов в автоматизированных системах.
ПОС 18	Для пайки стальных, латунных, медных деталей, безводной жести, бронзы и сплавов на их основе. Для пайки коммутационных контактов в автоматизированных системах.
ПОС 18	Для пайки стальных, латунных, медных деталей, безводной жести, бронзы и сплавов на их основе. Для пайки коммутационных контактов в автоматизированных системах.

Припой мягкие

ПОС 90, ПОС 40, ПОС 30, ПОС 18, ПОС 4-6

IV. СОСТАВЫ И НАЗНАЧЕНИЕ ФЛЮСОВ ДЛЯ ПАЙКИ МЯГКИМИ ПРИПОЯМИ [5]

Таблица 6

Номер флюса, состав, %	Назначение	Приготовление, свойства и применение флюсов
Флюс 1 ZnCl ₂ (плавленый) — 25; вода — 75.	Кислотный. Для пайки стали и медных сплавов. Температура пайки 290—350° C.	ZnCl ₂ активно растворяет окислы металлов при температуре 283° C и выше. Допускается содержание свободной соляной кислоты до 0,6—0,8%. После пайки остатки флюса смываются проточной водой во избежание коррозии.
Флюс 3 ZnCl ₂ — 18; NH ₄ Cl — 6; вода — 76.	Кислотный. Для пайки стали и медных сплавов. Температура пайки 180—320° C.	При 330° C NH ₄ Cl разлагается. Флюс более активный, чем № 1. После пайки остатки флюса смываются проточной водой.
Флюс 4 ZnCl ₂ — 25; соляная кислота (уд. вес 1,19) — 25; вода — 50.	Кислотный. Для пайки нержавеющей стали.	Остатки флюса вызывают сильную коррозию нержавеющей стали. После пайки требуется тщательная промывка.
Флюс 5 Канифоль	Для пайки обезжиренных и чистых деталей из меди и латуни.	Применяется в порошковой или в виде концентрированного раствора в этиловом спирте. Остатки флюса не вызывают коррозии.
Флюс 6 Вазелин технический — 80; канифоль — 15; ZnCl ₂ — 4; NH ₄ Cl — 1.	Для пайки меди и ее сплавов.	Вазелин сплавляется с канифолью и охлаждается до комнатной температуры. Остаточные компоненты добавляются в концентрированном водном растворе при перемешивании смеси. Остатки флюса смываются бензином.

4 Припои

Примечания 1 Приведены средние составы флюсов
2 Назначение флюсов — рекомендуемое на основе опыта, промышленности

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. Оборонизд, 1950.
[2] А. П. Смирятин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургиздат, М., 1949.
[3] С. А. Аббаза, Ф. В. Куликов, М. Р. Леккер, Тасдак. Металлургиздат, М.-Л., 1948.

ПРИПОИ МЯГКИЕ: ПОС 90, ПОС 40, ПОС 30, ПОС 18, ПОСС 4-6

I. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ (ГОСТ 1499-54)

Таблица 1

Марка припоя	Основные компоненты, %			Примеси, %, не более							
	Sn	Sb	Pb	Cu	Bi	As	Fe	Ni	S	Zn	Al
ПОС 90	89-90	0,15	остальное	0,08	0,10	0,05	0,02	0,02	0,02	0,002	0,002
ПОС 40	39-40	1,5-2,0	то же	0,1	0,10	0,05	0,02	0,08	0,02	0,002	0,002
ПОС 30	29-30	1,5-2,0	•	0,15	0,10	0,05	0,02	0,08	0,02	0,002	0,002
ПОС 18	17-18	2,0-2,5	•	0,15	0,10	0,05	0,02	0,08	0,02	0,002	0,002
ПОСС 4-6	3-4	5-6	•	0,15	0,10	0,05	0,02	0,08	0,02	0,002	0,002

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные физические и механические свойства [1], [2]

Таблица 2

Марка припоя	Удельный вес γ , г/см ³	Температура плавления, °C		Механические свойства					
		начало	конец	σ_s	σ_b	δ	σ_k	H_k	
ПОС 90	7,57	183	222	4,3	2,7	25	—	—	
ПОС 40	9,31	183	235	3,2*	—	63*	4,75*	12,6*	
ПОС 30	9,69	183	256	3,3	2,9	58	—	10,3	
ПОС 18	10,23	183	277	2,8*	—	67*	3,86*	10,5*	
ПОСС 4-6	10,7	245	265	6,3*	—	—	0,8*	15,6*	

* Данные получены на образцах из слитков 100/140/14 мм, отлитых в кокиль, под третьим до 180°C. Температура разливки ($t_{раз}$) = $t_{пл}$ + 50°C.

4 Припой

2 Нестандартные припои [1]

Таблица 2

Марка припоя	Химический состав, %						
	Ag	Cu	Zn	Cd	P	Sn	Al
ПСФ 4	18	78	—	—	4	—	—
34 А	—	28	—	—	—	6	66

Примечание. Указаны средние химические составы.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1 Типичные физические свойства [1], [2], [3]

Таблица 3

Марка припоя	Удельный вес γ , г/см ³	Температура плавления, °C		Температу- ра пайки, °C
		начало	конец	
Медь М1	8,9	1080	—	1150
Л68	8,6	909	938	1100
Л62	8,5	898	905	1080
ПМЦ 36	7,7	800	823	950
ПМЦ 48	8,3	860	870	970
ПМЦ 54	—	865	888	1050
ПСр 10	8,55	830	—	870
ПСр 12	8,5	785	—	815
ПСр 25	8,9	765	—	—
ПСр 45	9,3	720	—	780
ПСр 65	9,6	720	—	745
ПСр 70	9,9	730	—	755
ПСр 72	10,0	779	779	—
ПСр 50	9,5	630	650	—
ПСФ 4	8,6	710	—	—
34 А	3,3	529	—	—

Припои твердые медь, латуни и медно-цинковые сплавы, серебряные припои

2 Прочность соединений, выполненных твердой пайкой [3]

Таблица 4

Материал и припой	Прочность спая на срез, кг/мм ²
Пайка мягкой стали красной медью	свыше 34
Пайка меди и медных сплавов серебряными припоями	не менее 18
Пайка стальных деталей латуинью	около 23—26

Примечание. Приведенные данные могут служить как ориентировочные, так как прочность паяных соединений в значительной степени зависит от конструкции изделий.

III. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ [2], [3]

Таблица 5

Марка припоя	Применение
Медь М1	Для пайки стали. Применяется с флюсом или в восстановительной атмосфере.
ПМЦ 36	Для пайки латуней Л59 и ЛС59. Применяется редко из-за низких механических свойств соединений.
ПМЦ 48	Для пайки меди, томпака и полутомпака.
ПМЦ 54	Для пайки меди, томпака, полутомпака и стали.
Л68 и Л62	Для пайки изделий из меди и стали.
ПСр12М и ПСр10	Для пайки латуни и бронзы с содержанием меди 58% и выше.
ПСр25	Для пайки тонкостенных деталей из меди, латуни, бронзы, нержавеющей стали, бермальной бронзы, при повышенных требованиях к чистоте спая.
ПСр45	Для пайки деталей приборов.
ПСр65	То же, что и ПСр 45. При пайке стали дает соединение с повышенной прочностью.
ПСр70	Для пайки электрических контактов при повышенных требованиях к электропроводности места спая.
ПСр72	То же, что и ПСр 70.
ПСр50	Для пайки закаленных стальных изделий без отжига.

4. П Р И П О И

Антифрикционные свойства определены на машине Амслера в паре с осевой железнобронзовой сталью, при удельной нагрузке 75 кг/см^2 , скорости $0,4 \text{ м/сек}$ и продолжительности испытания 6 ч. Смазка - веретенное масло № 2.

9. Коррозионная стойкость. Коррозионная стойкость бериллиевой бронзы высокая. При наличии растягивающих напряжений в условиях коррозии бериллиевая бронза подвержена растрескиванию, но в меньшей степени, чем латунь.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литье** [1]. Температура литья $1050-1100^\circ\text{C}$. Атмосфера при плавлении слабо восстановительная. Защитный покров - древесный уголь. Смазка изложницы - 90% керосина и 10% голландской сажи. Температура изложницы $90-120^\circ\text{C}$.

2. **Обработка давлением** [1], [2]. Обработывается в горячем и холодном состоянии. Легко подвергается обработке в закаленном состоянии. Прокатка ведется в интервале температур $750-800^\circ\text{C}$, возможна холодная прокатка. Максимально допустимая деформация в холодном состоянии 40-50%. Температура прессовки $720-760^\circ\text{C}$. Хорошо куется и штампуются в горячем состоянии.

3. **Обработываемость резанием** удовлетворительная [2].

4. **Термическая обработка** (ЦМТУ 673-41). Смягчающий отжиг производится при температуре $650-700^\circ\text{C}$.

Облагораживание состоит из закалки и отпуска. Нагрев перед закалкой производится в печах с восстановительной атмосферой в течение 2 часов при температуре 780°C ; охлаждение в воде. Отпуск при температуре 325°C , в течение 3 часов; охлаждение на воздухе.

Для снятия образовавшейся при обработке окисной пленки режим травления следующий:

а) выдержка в течение 10-15 мин в 20-25%-ном растворе едкого натра при температуре $85-90^\circ\text{C}$;

б) промывка в воде;

в) травление в течение 3-5 мин в 10-15%-ном растворе серной кислоты с 5% двууглекислого кальция;

г) промывка в воде;

д) просушка.

5. **Сварка**. Сваривается хорошо. В случае применения флюса 18В необходимо применять плазму с большим избытком

ацетилен. Состав флюса 18В: фтористый калий обезвоженный (ГОСТ 4522-48) - 40 вес. %; борная кислота (ГОСТ 2699-44) - 60 вес. %.

6. Притираемость хорошая.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления ответственных пружин, пружинящих контактов и мембран, деталей для часовых механизмов, зубчатых передач, шестерен, втулок и подшипников [1], [5].

ИСТОЧНИКИ

[1] А. П. Смирлягин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургиздат, 1949.

[2] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.

[3] Справочник машиностроителя. Т. II, Машгиз, 1952.

[4] В. В. Жолобов и Н. И. Зедия. Металлографический атлас. Металлургиздат, 1949.

[5] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1950.

3. Медь, спилец и сплавы на медной основе

7. Механические свойства в зависимости от режима термической обработки (степень предшествующей деформации — 50%) [4]

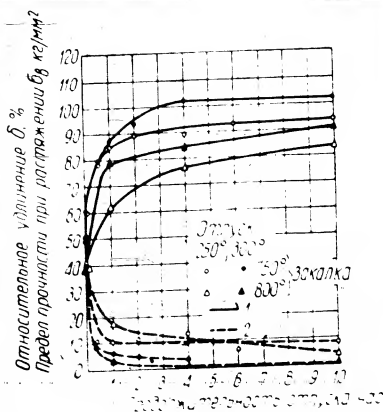


Рис. 37
1 — предел прочности 2 — относительное удлинение

Бронза бериллиевая

Бр.В

8. Физические свойства.

а) Теплопроводность $\lambda, \frac{\text{кал}}{\text{см сек град}}$ [2], [1].

Таблица 6

Состояние материала	λ
Мягкий	0,20
Холодотянутый	0,18
Термически обработанный	0,25

б) Коэффициент линейного расширения α [1], [5].

Таблица 7

Интервал температур, °C	от -50 до +50	от 20 до 150
$\alpha \cdot 10^6$	17	18,5

в) Удельное электросопротивление $\rho, \frac{\text{ом мм}^2}{\text{м}}$ [3].

Таблица 8

Состояние материала	ρ
Литой	0,065
Деформированный и затем отожженный	0,080

г) Удельный вес $\gamma = 8,25 \text{ г/см}^3$ [5].

д) Теплоемкость в интервале температур 20 — 100°C

$$C = 0,10 \frac{\text{кал}}{\text{г град}} [2].$$

е) Критические точки [1].

начало кристаллизации 864°C
конец кристаллизации 955°C

ж) Коэффициент трения f [13]:
со смазкой — 0,016.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

5. Механические свойства в зависимости от степени деформации [1].

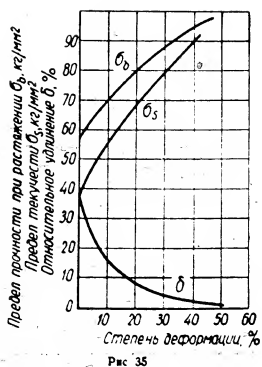


Рис. 35

Бронза бериллиевая

Бр.Б

6. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [1].

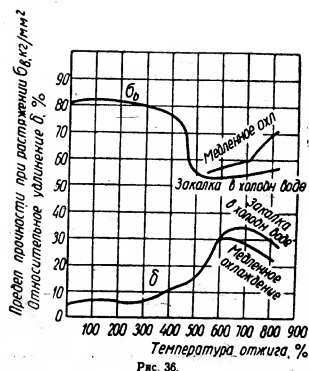


Рис. 36

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

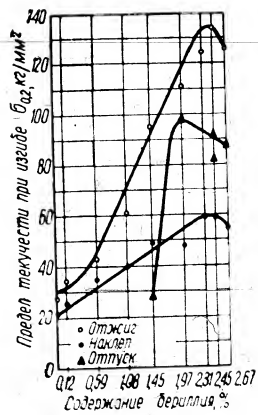


Рис. 33
Лист толщиной 3 мм

Бронза бериллиевая

Бр. 5

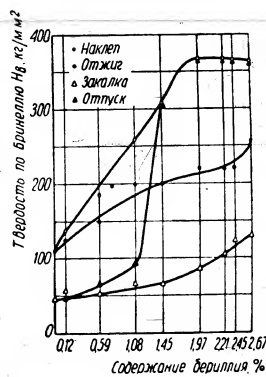


Рис. 34
Лист толщиной 3 мм

3. Медь, спилец и сплавы на медной основе

3. Механические свойства при низких температурах [1].

Таблица 5

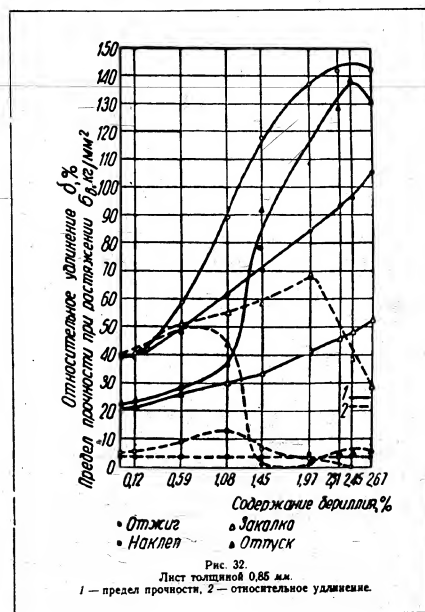
Состояние материала	Свойство	Температура, °C					
		-180	-120	-80	-40	-10	20
Закаленный с 800°C и отбавленный при 300°C в течение 2 ч	$\sigma_{0.2}$	150,1	138,5	141,2	132,2	132,7	130,7
	$\sigma_{0.01}$	108,5	97,3	103,2	83,0	88,7	87,8
	δ	3,0	0,4	0,4	0,4	0,8	2,6
	ψ	6,0	4,0	5,0	5,0	9,0	5,0
	$\sigma_{0.2}$	78,2	—	60,6	—	—	53,4
Закаленный с 800°C	$\sigma_{0.01}$	35,0	—	20,4	—	—	17,5
	δ	41,0	—	38,0	—	—	36,0
	ψ	57,0	—	54,0	—	—	50,0
	$\sigma_{0.2}$	—	—	—	—	—	—
	$\sigma_{0.01}$	—	—	—	—	—	—

Примечание. Испытания произведены на сплаве с содержанием бериллия 2,5%

Бронза бериллиевая

Вр.Б

4. Механические свойства в зависимости от состояния бронзы и содержания в ней бериллия [4].



3. Медь, спилец и сплавы на медной основе

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	δ в %	H_s	Глубина вы- давливания по Эриксе- ну, мм (ра- диус пуан- сона 10 мм) не менее
Проволока диаметром 0,35—5 мм	отожженная	ЦМТЗ673-41	40—60	30	—	—
То же	нагартован- ная	то же	не менее 75	1,0	—	—
Проволока диаметром 0,35—1 мм	облагоро- женная	—	120—130	1,0	—	—
Проволока диаметром 1,1—5 мм	то же	—	130—135	0,5	—	—
Полосы, ленты толщиной 0,1—0,5 мм	отожжен- ные	ГОСТ 1789-50	—	—	—	6
Полосы, ленты толщиной 0,55—0,6 мм	то же	то же	30—60	30	не бо- лее 100	7
Полосы, ленты толщиной 0,1—0,5 мм	нагартован- ные	—	—	—	—	3
Полосы, ленты толщиной 0,55—0,6 мм	то же	—	не менее 66	2	не ме- нее 135	3

Примечания: 1. Для проволоки удлинение измеряется при $l_0 = 100$ мм.

2. Определение твердости на приборе Бринелля производится на полосках и лентах толщиной свыше 3 мм.

3. Испытанию на глубину выдавливания подвергаются полосы и ленты толщиной не более 1,2 мм.

Бронза бериллиевая

Бр.Б

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства [1], [2].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение					Сжа- тие σ_{sd}	σ_s	H_s
	σ_s	$\sigma_{0,2}$	σ_p	δ	ψ			
Литой	—	—	—	—	—	185,0	6,7	140,0
Деформиро- ванный	мягкий . .	50,0 —35,0	22,0 —35,0	5,6 —35,0	30,0 —35,0	66,0*	9,1*	110,0*
	твердый . .	95,0 —90,0	85,0 —90,0	27,0*	—	—	7,0*	220,0*
	облагоро- женный . .	135,0	128,0	38,0	1,0— —2,0	150,0	1,25	350,0

* Данные из источника [2].

2. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1], [2].

Таблица 4

Состояние материала	E
Мягкий	11700—12000
Твердый	12 200
Облагороженный	13 200

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Бронза применяется для изготовления коромысел, втулок свечей, маховиков, дисков, ободов подшипников, гаск креплений подшипников, направляющих траверс, втулок, ниппелей [2].

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- [2] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1950.
- [3] Данные НИИ. П/я 621.
- [4] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. Машгиз, 1947.
- [5] В. В. Жолобов и Н. И. Зедия. Металлографический атлас. Металлургиздат, 1949.
- [6] Ж. «Цветные металлы» № 3. Металлургиздат, 1949.
- [7] А. П. Смирнов. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургиздат, 1949.
- [8] Нормаль С1-667-48. Сплавы цветные и легкие, применяемые в судостроении. Министерство судостроительной промышленности, 1948.

БРОНЗА БЕРИЛЛИЕВАЯ Бр. Б

Основное назначение: изготовление пружин и пружинящих деталей ответственного назначения, а также деталей трения, работающих при больших скоростях и повышенных давлениях.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав.

Таблица 1

Марка сплава	Источник	Основные компоненты, %			Примеси, % не более								
		Be	Ni	Cu	Fe	P	Mg	Al	Ni	Si	Pb	Bi	Среднее
Бр.Б	ЦНТТ 673— —41	2,0— —2,3	—	осталь- ное	0,4	0,02	0,05	0,10	0,50	0,15	0,002	0,002	1,2
Бр.Б2	ГОСТ 1789— —50	1,9— —2,2	0,2— —0,5	—	0,15	—	—	0,15	—	0,15	0,008	—	0,5

Примечания: 1. Бронза марки Бр.Б применяется для изготовления проволоки.

2. Бронза марки Бр.Б2 применяется для изготовления листов и лент.

3. Содержание бериллия в бронзе марки Бр.Б2 допускается свыше 2,2%, но не свыше 2,3%.

3. Медь, сплав и сплав на медной основе

13. Влияние скорости охлаждения с температуры нагрева под закалку 760—780°C на твердость и удельное электросопротивление [6].

Таблица 10

Охлаждающая среда	$H_R(750.5)$	R_H	R ОМММ²/М
Вода 18—20°	260—265	105	0,022
Масло	242—245	104	0,021
Воздух	177	90	0,020
В печи	160	85	0,019

Примечания. 1. Испытанию подвергались прутки следующего химического состава, %: Cu = 85,21—85,12; Al = 10,88—10,98; Fe = 2,31—2,33; Mn = 1,59—1,61; P = 0,01—0,007; Zn = следы.

2. Время выдержки при температуре закалки — 1 ч.

14. Физические свойства [1], [2].

а) Теплопроводность в интервале температур 0—40°C (при литье в кокиль) $\lambda = 0,115 \frac{\text{кал}}{\text{см сек град}}$.

б) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 11

Температура, °C	25—100	100—200	200—300
$\alpha \cdot 10^6$	16,9	17,9	20,2

в) Удельное электросопротивление ρ , $\frac{\text{ОМММ}^2}{\text{м}}$ (для прессованных прутков).

Таблица 12

Температура, °C	25	100	300
ρ	0,280	0,287	0,300

Бронза алюминиево-железомарганцовистая

БРАЖМц 10-3-1,5

г) Температурный коэффициент электросопротивления α_t (для прессованных прутков).

Таблица 13

Интервал температур, °C	25—100	100—300
α_t	0,000324	0,000235

г) Удельный вес γ (для проката и поковок) = 8,0 г/см³.

е) Температура плавления 1045°C.

ж) Коэффициент трения f .

со смазкой 0,011
без смазки 0,18

Испытания проведены на машине Амслера.

15. Коррозионная стойкость. Бронза подвержена выщелачиванию легирующих компонентов и растрескиванию в условиях коррозии под напряжением.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литье и литейные свойства [1], [7]. Температура литья 1120—1150°C. Атмосфера при плавлении слабо окислительная. Температура изложниц при заливке — 60—80°C. Состав смазки для изложниц — 50% зеленого мыла и 50% льняного масла. Жидкотекучесть — 67 см при 1100°C. Линейная усадка — 2,4%.

2. Обработка давлением [1]. Обрабатываемость давлением в горячем состоянии отличная. Температура прессования 840—775°C. Куется и штампуются в интервале температур 840—600°C. Прокатывается при температуре 850—800°C.

3. Обрабатываемость резанием [1] удовлетворительная.

4. Термическая обработка [1]. Обычно сплав термически не обрабатывается.

Иногда применяется закалка (температура 850°C, охлаждение в воде) с последующим отпуском (температура 350°C, охлаждение на воздухе).

5. Сварка [8]. Сваривается бронза ацетиленово-кислородной сваркой и электросваркой с присадкой из основного материала.

6. Притираемость к цветным металлам хорошая [8].

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

11. Твердость бронзы различного химического состава в зависимости от температуры закалки [5].

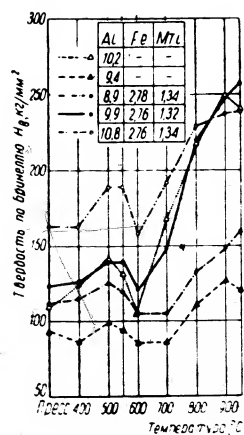


Рис. 30

Бронза алюминий-железо-марганцевая

БР.АЖМц 10-3-1,5

12. Величина зерна в зависимости от температуры закалки [6].

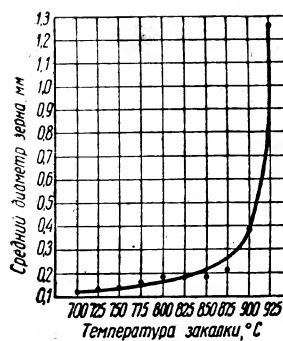


Рис. 31.

8. Механические свойства бронзы после закалки и отпуска [6].

Таблица 8

Свойства	Исходное состояние	Закалка при 770–780°	Отпуск при 480°C	Отпуск при 520°C	Отпуск при 560°C
σ_b	65,4–66,6	70,3–72,5	72,8–76,5	73,8–77,5	70,7–76,6
δ	12,1–15,7	4,3–3,75	4,15–3,1	8,9–13,3	11,4–15,7

Примечание. Для испытания была взята бронза в виде прессованных прутков следующего химического состава, %: Al = 10,88–10,98; Fe = 2,31–2,33; Mn = 1,59–1,61; P = 0,007–0,010; Zn = следы; Cu = 85,12–85,21.

9. Влияние режима термической обработки на механические свойства [5].

Таблица 9

Режим термической обработки	Свойства		
	σ_b	δ	H_b
Закалка с 900°C	80,0	2,5	227
Закалка с 800°C	—	—	209
Отжиг при 900°C, время выдержки 2 ч, охлаждение с печью	—	—	125
Отжиг при 600°C, время выдержки 2 ч, охлаждение с печью	—	—	138
Закалка с 900°C с последующим отпуском при 300°C, время выдержки 2 ч	82,8	3,62	285
Закалка с 900°C с последующим отпуском при 500°C, время выдержки 2 ч	70,5	7,8	200

Примечание. Для испытаний применялась бронза следующего химического состава, %: Al = 10,06; Fe = 3,34; Mn = 1,36; Cu = остальное.

10. Твердость и удельное электросопротивление в зависимости от температуры закалки [6].

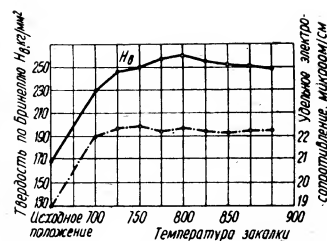


Рис. 29.

Состав сплава в %: Cu = 85,21–85,12; Al = 10,88–10,98; Fe = 2,31–2,33; Mn = 1,59–1,61; P = 0,01–0,007; Zn = следы.

4. Ударная вязкость бронзы в зависимости от температуры [5].

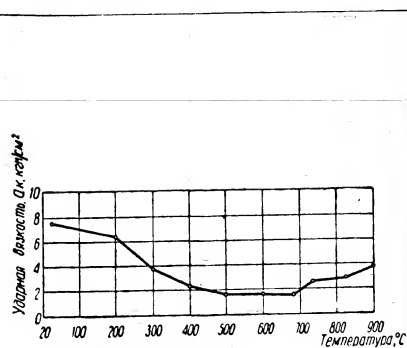


Рис. 28.

5. Модуль нормальной упругости $E = 10\,000 \text{ кг/мм}^2$ [4].
6. Механические свойства в зависимости от степени деформации [3].

Таблица 6

Вид полуфабриката	Степень деформации	Механические свойства		
		σ_s	σ_b	H_s
Прутки холоднокатаные	отоженные	52	23	129
	10	65	13	159
	15	74	5	171
	25	78	5	200

Примечания: 1. Испытания производились на сплаве, состава, %: Cu = 85,76; Al = 10,65; Fe = 2,80; Mn = 1,65.
2. Испытания производились на пятикратных образцах.
3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

7. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [3].

Таблица 7

Вид полуфабриката	Температура отжига, °C	Механические свойства		
		σ_s	σ_b	H_s
Прутки холоднокатаные с деформацией 25%	300	73	7	200
	400	68	6	200
	500	66	7	200
	600	69	31	138
	700	66	32	129

Примечания: 1. Испытания производились на сплаве состава, %: Cu = 85,76; Al = 10,65; Fe = 2,80; Mn = 1,65.
2. Испытания производились на пятикратных образцах.
3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.
4. Время выдержки при температуре отжига во всех случаях составляло 2 ч.

2. Механические свойства при низких и повышенных температурах [3].

Таблица 4

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C						
		-180	-80	-40	+20	+200	+300	+500
σ_s	литой в землю	71	60	62	60	50	8	15
	литой в кокиль	76	66	65	63	60	52	13
	прессованный	82	—	—	66	61	54	14
	нагартованный на 10%	74	63	60	61	56	58	15
$\sigma_{0.2}$	литой в землю	30	25	25	23	23	22	13
	литой в кокиль	33	29	29	25	26	26	11
	прессованный	29	—	—	25	24	22	12
	нагартованный на 10%	63	53	53	56	48	50	14
σ_p	литой в землю	24	17	18	15	19	15	8
	литой в кокиль	27	19	22	20	22	20	10
	прессованный	20	—	—	19	19	15	10
	нагартованный на 10%	56	46	45	50	—	41	11
δ_5	литой в землю	27	27	29	29	22	28	43
	литой в кокиль	30	30	33	33	34	31	42
	прессованный	38	—	—	28	31	37	47
	нагартованный на 10%	10	13	14	14	16	12	26
ψ	литой в землю	29	27	28	27	30	28	63
	литой в кокиль	29	33	34	30	33	30	64
	прессованный	33	—	—	34	30	31	58
	нагартованный на 10%	15	17	22	26	21	17	53
α_k	литой в землю	5,5	6,7	6,3	6,6	7,9	7,4	5,3
	литой в кокиль	6,6	6,9	7,8	7,3	8,3	7,8	6,2
	прессованный	7,6	—	—	9,4	9,0	6,0	6,7
	нагартованный на 10%	1,6	—	—	2,5	1,8	2,0	4,6

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве следующего состава.

Состояние материала	Медь, %	Алюминий, %	Железо, %	Марганец, %
Литой в землю и кокиль	85,10	10,49	3,45	1,44
Деформированный	85,76	10,55	2,60	1,65

2. Испытания производились на пятигранных образцах, изготовленных из слитков диаметром 70 мм, из прутка диаметром 32 мм и из холоднокатаного прутка диаметром 30 мм.

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

4. Длительность выдержки при температуре испытания во всех случаях составляла 10 мин.

3. Механические свойства при высоких температурах [4].

Таблица 5

Свойство	Температура испытания, °C							
	20	600	700	750	800	850	900	950
σ_s	50,0	24,0	5,0	3,0	2,0	0,8	0,7	0,4
σ_p	20,0	38,0	23,0	20,0	40,0	68,0	83,0	91,0
δ_5	24,0	56,0	33,0	30,0	50,0	90,0	99,0	99,8
α_k	7,0	6,5	5,5	10,0	9,0	7,5	5,5	4,5
$H_{0.2}$	120,0	26,0	7,5	5,5	4,0	2,5	1,1	0,8

БРОНЗА АЛЮМИНИЕВО-ЖЕЛЕЗОМАРГАНЦОВИСТАЯ
Бр. АЖМц 10-3-1,5

Основное назначение: изготовление деталей, работающих на истирание при нагрузке до 35 кг/см^2 при скорости до $1,2 \text{ м/сек}$, и ответственных деталей, работающих при температуре не выше 265°C .

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 493-54).

Таблица 1

Марка сплава	Компоненты, %				Примеси, % не более										Примечание
	Al	Fe	Mn	Cu	As	Sb	Sn	Si	Pb	P	Ni	Zn			
Бр. АЖМц 10-3-1,5	9-11	2-4	1-2	остальное	0,01	0,002	0,1	0,1	0,03	0,01	0,5	0,5	0,75		

Примечания: 1. Содержание цинка допускается до 1% в тех случаях, когда сплав не применяется как антифрикционный материал, причем, общая сумма примесей в этом случае допускается до 1,25%.

2. Содержание свинца допускается до 0,3% при применении для фасонного литья, причем, общая сумма примесей допускается до 1,0%.

3. Содержание сурьмы допускается до 0,006 при применении для фасонного литья.

Бронза алюминиево-железомарганцовистая Бр. АЖМц 10-3-1,5

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	δ_{10}	H_b
			не менее		
Прутки диаметр- ом 16-120 мм	Прессованные	ГОСТ 1628-48	60	12	129-171
Трубы	То же	ГОСТ 1208-54	60	12	129-171
Литье в кокиль	Литье	211АМТУ-51	55	10	110
Литье в землю	То же	То же	45	10	110

Примечания: 1. При диаметре прутков 50 мм и более допускается: предел прочности при растяжении не менее 55 кг/мм^2 и относительное удлинение не менее 15%.

2. Испытание прутков на твердость по ОСТ 10241-40.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства (2).

Таблица 3

Вид полуфабриката	Растяжение				σ_s	H_b
	σ_s	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}	ψ		
Прутки, литье в кокиль	55	20	20	15	6	120
Прутки, прессованные	65	—	12	—	—	150

в) Удельное электросопротивление ρ , $\frac{\text{ОМ} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ [2].

Таблица 11

Температура, °С	20	100	300
ρ	0,1094	0,1196	0,1522

г) Температурный коэффициент электросопротивления α_p [2].

Таблица 12

Интервал температур, °С	25—100	100—300
α_p	0,001299	0,001577

д) Удельный вес $\gamma = 7,6 \text{ г/см}^3$ [6].

е) Температура плавления 1040°С [2].

ж) Коэффициент трения f [1].

со смазкой	0,004
без смазки	0,18

Коэффициент трения определен на машине Амслера в паре с осевой железнодорожной сталью.

Со смазкой удельная нагрузка 75 кг/см^2 , скорость $0,4 \text{ м/сек}$, продолжительность испытания 6 ч, смазка — веретенное масло № 2. Без смазки удельная нагрузка $12,5 \text{ кг/см}^2$, скорость $0,4 \text{ м/сек}$, характер нагрузки — спокойная.

8. Коррозионная стойкость. Алюминиево-железные бронзы весьма стойки в морской воде, в морском тумане, в насыщенном паре при 100°С , в перегретом паре при температуре до 250°С , в атмосферных условиях при повышенных температурах [2]. Бронза не корродирует под действием фосфорной, уксусной, лимонной, молочной и других органических кислот, солей щелочных металлов, хлорноватистой и синильной кислот, в нефти, бензоле, бензине, спирте. Неустойчива в соляной, серной, азотной, уксусной кислотах при перемешивании и повышенной температуре, в разбавленном и концентрированном растворе аммиака и аммиачной воде, а также в ацетилене [2], [3].

Потеря в весе в условиях морской воды составляет $0,0104 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$; потеря в весе в 10% растворе серной кислоты — $0,0675 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$; потеря в весе во влажном паре при 100°С — $0,06 \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$ [1].

Для алюминиево-железной бронзы характерна поверхностная коррозия за счет окисления железной составляющей; в результате этого поверхность становится шероховатой и возможно появление бурых пятен. В глубь металла коррозия распространяется медленно. Сплав склонен к выщелачиванию алюминия и растрескиванию при коррозии под действием растягивающих напряжений.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литье и литейные свойства [1], [2], [3]. Температура литья $1120—1140^\circ\text{С}$ (для кокиля) и $1060—1100^\circ\text{С}$ (в землю). Атмосфера при плавлении нейтральная или слабо окислительная. Бронза обладает склонностью к пенообразованию и раскисной пористости. Линейная усадка — $2,49\%$.

2. Обработка давлением [2]. Сплав пластичен, хорошо переносит обработку давлением. Температура прокатки $700—650^\circ\text{С}$. Прессуется в интервале $850—750^\circ\text{С}$. Куется и штампуется в интервале температур $840—650^\circ\text{С}$.

3. Обработка резанием удовлетворительная [2].

4. Термическая обработка [2], [4]. Отжиг производится при температуре $700—750^\circ\text{С}$. Закалка производится при температуре 800°С и отпуск при 400°С .

5. Сварка [2]. Сваривается методом газовой сварки и электро-сварки с применением присадки из основного металла и специальных флюсов, содержащих в своем составе фтористые и хлористые соли щелочных металлов.

6. Притираемость хорошая [2].

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления направляющих втулок клапанов впуска, втулок приводов, втулок поршневых головок шатуна, фланцев, шайб, упорных колец, опорных плит, различных втулок агрегатов, лопаток арматуры, ниппелей, дисков, гаек, секторов управления, крошителей [6].

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник машиностроителя. Т. II. Машгиз, 1952.
- [2] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- [3] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV, Машгиз, 1947.
- [4] А. П. Смирнягин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургия, 1949.
- [5] Данные НИИ. П/я. 621.
- [6] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I, Оборонгиз, 1960.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

3. Механические свойства ковальной бронзы при высоких температурах [2].

Таблица 5

Свойства	Температура, °C					
	20	200	300	350	400	500
σ_s	55,5	57,0	45,0	43,0	35,0	30,0
$\sigma_{0,2}$	39,0	34,7	34,7	23,3	21,9	25,7
δ	31,0	23,0	31,0	32,0	28,0	28,0
ψ	40,0	29,0	22,0	—	17,0	—
α_k	11,3	8,0	6,0—7,3	5,5	4,3—5,5	4,6
H_k	131,0	129,0	—	117,0	—	96,0

4. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [2].

Таблица 6

Состояние материала	E
Литой в земную	11200
Деформированный, полутвердый	11600

5. Механические свойства в зависимости от степени деформации [5].

Таблица 7

Вид полуфабриката	Степень деформации, %	Механические свойства		
		σ_s	δ_s	H_k
Прутки холоднокатаные	отожженные	49	54	112
	10	53	43	138
	20	59	27	185
	40	65	20	200
	60	80	14	209

Примечания: 1. Испытания производились на сплаве состава: Cu = 88,14, Al = 9,26, Fe = 2,82.
 2. Испытания производились на пятикратных образцах.
 3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

Бронза алюминий-железная

Бр.АЖ0-4

6. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [5].

Таблица 8

Вид полуфабриката	Температура отжига, °C	Механические свойства		
		σ_s	δ_s	H_k
Прутки холоднокатаные с деформацией 40%	300	70	22	200
	400	68	24	185
	500	67	25	185
	600	61	41	129
	700	59	48	121

Примечания: 1. Испытания производились на сплаве состава: Cu = 88,14, Al = 9,26, Fe = 2,82.

2. Испытания производились на пятикратных образцах.

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

4. Время выдержки при температуре отжига во всех случаях составляло 2 ч.

7. Физические свойства:

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см сек град}}$ [2].

Таблица 9

Интервал температур, °C	37—73	37—105	73—105	74—205	142—205	201—298
λ	0,172	0,183	0,196	0,188	0,200	0,198

б) Коэффициент линейного расширения α [2].

Таблица 10

Интервал температур, °C	25—100	100—200	200—300
$\alpha \cdot 10^6$	19,8	17,8	20,5

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

2. Механические свойства при низких и повышенных температурах [5].

Таблица 4

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C						
		-180	-80	-40	+20	+200	+300	+500
$\sigma_{\text{в}}$	литой в землю	58	52	50	50	40	32	14
	литой в кокиль	65	56	55	54	44	35	15
	мягкий	71	60	61	58	49	43	10
	нагартованный — 20%	73	61	61	60	50	47	13
$\sigma_{\text{с}}$	нагартованный — 45%	88	79	78	75	71	70	22
	литой в землю	27	22	24	20	17	17	10
	литой в кокиль	28	23	23	20	18	17	12
	мягкий	35	27	27	25	24	23	12
$\sigma_{\text{с}}$	нагартованный — 20%	44	38	39	36	30	32	—
	нагартованный — 45%	77	75	73	71	68	64	19
$\sigma_{\text{с}}$	литой в землю	20	17	19	15	13	14	8
	литой в кокиль	21	17	19	15	15	14	10
	мягкий	24	22	22	19	18	18	9
	нагартованный — 20%	39	33	35	30	27	28	10
$\sigma_{\text{с}}$	нагартованный — 45%	—	65	59	56	—	56	13
	литой в землю	22	27	24	32	27	18	23
	литой в кокиль	33	39	36	47	36	22	19
	мягкий	41	41	40	42	39	20	26
$\sigma_{\text{с}}$	нагартованный — 20%	38	41	40	40	26	17	26
	нагартованный — 45%	23	12	14	14	11	14	12

Бронзы алюминиево-железные

Бр.АЖВ-4

Таблица 4 (продолжение)

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C						
		-180	-80	-40	+20	+200	+300	+500
$\sigma_{\text{в}}$	литой в землю	21	27	29	29	—	—	42
	литой в кокиль	29	35	33	35	31	20	—
	мягкий	53	55	55	53	41	19	53
	нагартованный — 20%	45	45	49	43	26	18	52
$\sigma_{\text{с}}$	нагартованный — 45%	38	50	55	49	38	26	53
	литой в землю	4	5	6	6	7	7	7
	литой в кокиль	6	7	8	9	10	8	7
	мягкий	13	13	14	13	13	9	2
$\sigma_{\text{с}}$	нагартованный — 20%	6	8	8	10	9	4	3
	нагартованный — 45%	6	8	9	9	9	7	3

Примечания: 1. Испытания производились на сплаве следующего состава.

Состояние материала	Алюминий, %	Железо, %	Медь, %
Литой в землю	8,6	2,94	Остальное
Литой в кокиль	9,06	3,03	То же
Деформированный	9,26	2,82	—

2. Испытания производились на пятикратных образцах, изготовленных из ковалентных прутков, имеющих диаметр 32, 40 и 36 мм, и из слитков диаметром 70 мм.

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

4. Длительность выдержки при температуре испытаний во всех случаях составляла 10 мин.

БРОНЗА АЛЮМИНИЕВО-ЖЕЛЕЗНАЯ Бр. АЖ 9-4

Основное назначение: применяется в деформированном и литом состоянии для изготовления деталей, работающих на трение при удельном давлении 35 кг/мм² при скорости 1,9 м/сек, и для ответственных деталей сложной конфигурации, работающих при температуре не выше 265°.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 493-54).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компо- ненты, %			Примеси, %, не более									
	Al	Fe	Cu	As	Sb	Sn	Si	Ni	Pb	P	Zn	Mn	Сумма примесей
БрАЖ9-4	8—10	2—4	остаток	0,01	0,002	0,10	0,50	0,01	0,01	1,00	5	1,7	

Примечание. Примеси, не перечисленные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_b	δ , не менее	H_b
Литье в землю	без термической обработки	ГОСТ 493-54	40	10	не менее 100
Литье в кокиль	То же	То же	50	12	не менее 100
Прутки, прессованные диаметром 16-120 мм		ГОСТ 1628-48	не менее 55	15	110-180

Примечание. Твердость по Бринеллю определяется по ГОСТ 10241-40.

Бронза алюминиево-железная

Бр.АЖ9-4

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства.

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				
	σ_b	$\sigma_{0,2}$	σ_p	δ	ψ
Литье в землю [2]	—	18,0—21,0**	14,0—17,0	—	20,0—40,0
Литье в кокиль [4]	30,0—50,0	20,0	—	10,0—20,0	30,0
После пластической деформации	мягкий [4]	—	25,8*	19,9*	40,0
	полутвердый [5]	—	36,0	30,0	—
	твердый [4]	35,0	35,0***	—	5,0

Таблица 3 (продолжение)

Состояние материала	Сжатие		σ_k	H_b
	σ_{sd}	τ_{cp}		
Литье в землю [2]	—	—	6,0—8,0	110,0
Литье в кокиль [4]	11,5	—	9,9*	120,0—140,0
После пластической деформации	мягкий [4]	—	13,6*	110,0
	полутвердый [5]	—	35,4***	10,4
	твердый [4]	—	9,4*	120,0—135,0*

* Данные по источнику [5].

** Данные по источнику [1].

*** Данные по источнику [4].

**** Данные по источнику [5].

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства.

Таблица 3

Вид полу- фабриката	Растяжение					Сжа- тие σ_{sd}	Срез τ_p	σ_k	H_b
	σ_r	$\sigma_{0.2}$	σ_p	δ_{10}	ψ				
Литье в ко- кшля [2]	15	10	7*	9	12	40	15	1-2*	55
Литье в землю [2]	12	8	5*	8	7	—	—	08*	45

* Данные по источнику [1].

2. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [2].

Таблица 4

Вид полуфабриката	E
Литье в кокшля . . .	8000
Литье в землю . . .	7500

3. Физические свойства

а) Теплопроводность $\lambda = 0.14 \frac{\text{кал}}{\text{см сек град}}$ [1].б) Коэффициент линейного расширения α [2].

Таблица 5

Температура, °C	20	300
$\alpha \cdot 10^6$	18.0	19.3

в) Удельный вес $\gamma = 9.2 \text{ г/см}^3$ [2].

г) Температура плавления (верхняя критическая точка) 940°C [1].

д) Коэффициент трения f на машине Амслера [2].

со смазкой	0.008
без смазки	0.14

4. Коррозионная стойкость [2]. Хорошо сопротивляется коррозии в атмосферных условиях и в пресной воде.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литье и литейные свойства [1]. Температура литья 1050—1150°C. Защитный покров — древесный уголь. Для устранения ликвации по удельному весу необходимо применять ускоренное охлаждение во время затвердевания. Линейная усадка — 1,5%; жидкотекучесть (литье в песок) — 40 см.

2. Обрабатываемость резанием отличная [2].

3. Сварка [3]. Удовлетворительно сваривается газовой сваркой и электродуговой сваркой угольным электродом. Бронза склонна к ликвации в процессе сварки. Газовая сварка ведется нормальным пламенем. Присадочный материал с химическим составом, близким к составу основного металла. Флюс для сварки — переплавленная бура. Контактная сварка не рекомендуется.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления уплотнительных колец, втулок нагнетателей и приводов, втулок шестерен, втулок водяных насосов, подпятников бензонасосов, втулок насосов, нагнетающих специальные виды топлива [2].

ИСТОЧНИКИ

[1] А. П. Смирнов. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургия, 1949.

[2] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1950.

[3] Я. Л. Клячкин. Сварка цветных металлов, 1950.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литье и литейные свойства. Температура литья 1200—1250°C. Жидкотекучесть низкая; имеется склонность к рассеянной пористости.
2. Обработка давлением. Применяется прокатка, прессовка, волочение. Температура прокатки 770—750°C.
3. Обработка резанием удовлетворительная.
4. Термическая обработка. Отжиг для снятия напряжений при температуре 180—200°C. Для уменьшения твердости отжиг производится при температуре 700—750°C.
5. Сварка. Хорошо сваривается газовой сваркой и электро-сваркой.
6. Притираемость удовлетворительная.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Бронза применяется для изготовления пружинящих контактов, мембран.

ИСТОЧНИКИ

- [1] В. В. Жолобов и Н. Н. Зедин. Металлографический атлас. Металлургиздат, 1949.
- [2] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1950.
- [3] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- [4] Справочник металлурга по цветным металлам. Т. I. Металлургиздат, 1953.
- [5] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. Машгиз, 1947.

БРОНЗА ОЛОВЯННО-СВИНЦОВИСТАЯ Бр. ОС 5-25

Основное назначение: изготовление литых деталей и подшипников, работающих на истирание при больших скоростях, а также изготовление уплотнительных устройств.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (АМТУ 211-51).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %				Примеси, %, не более								Сумма всех приме-сей
	Sn	Pb	Cu	Sb	Fe	Al	Si	Bi	P	Ni	Zn		
Бр. ОС-5-25	4-6	23-27	остаточное	0,3	0,25	0,02	0,02	0,01	0,1	2,0	0,2	0,72	всего в сплаве

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние материала	Источник	σ _в , кг/см ²			H _в , кг/мм ²		
			σ _в	σ _{0,2}	σ _{0,01}	H _в	H _{0,01}	H _{0,001}
Литье в кокиль	литой	АМТУ 211-41	14	6	50			
Литье в земля	то же	то же	12	4	40			

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

6. Механические свойства бронзы в зависимости от температуры отжига [2].

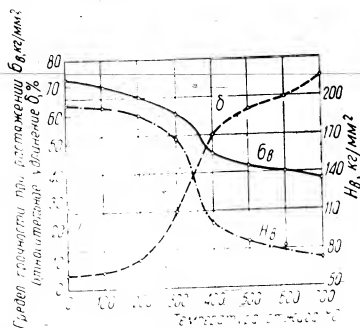


Рис. 27
Лента толщиной 2,5 мм подвергнута отжигу холодной деформации на 50%. Выдержка при температуре отжига в течение 1 ч.

7. Физические свойства [3], [4], [2].

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ б) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 7

Интервал температур, °C	20—100	100—200	200—300
$\lambda \cdot 10^4$	16,9	17,9	20,8

Бронза оловянно-фосфористая

Бр.ОФ 6,5—0,15

в) Удельное электросопротивление ρ , $\frac{\text{ОМ} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

Таблица 8

Температура, °C	25	100	300
ρ	0,1265	0,1323	0,1705

г) Температурный коэффициент электросопротивления α_s .

Таблица 9

Интервал температур, °C	25—100	100—300
α_s	0,000729	0,001187

д) Удельный вес $\gamma = 8,65 \text{ г/см}^3$.е) Температура плавления 1050°C .ж) Коэффициент трения f :

со смазкой	0,0089
без смазки	0,26

Испытания проведены на машине Амслера в течение четырех часов и при пробеге 6 км:

а) со смазкой (машинное масло) — при удельной нагрузке 75 кг/см^2 ;

б) без смазки — при удельной нагрузке $12,5 \text{ кг/см}^2$.

8. Коррозионная стойкость [3], [5]. Оловянно-фосфористые бронзы обладают высокими антикоррозионными свойствами. Они весьма стойки в морской воде, в морском тумане, в насыщенном паре при 100°C , в перегретом паре до 225°C , в растворе едкого калия, сульфата натрия, растворах соды (до 50%), в нефти, бензине, спирте и растворах большинства органических солей.

Неустойчивы и малоустойчивы в аммиаке, в соляной кислоте любой концентрации, азотной кислоте, серной кислоте, особенно концентрированной и при подогреве, в ацетилене и анлине, а также в растворах солей хлорноватой и синильной кислот.

Бронза не подвержена растрескиванию при коррозии под напряжением и не обнаруживает выщелачивания входящих в нее компонентов.

3. Медь, спилец и сплавы на медной основе

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение			H_B
	σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ	
Обработанный, мягкий	31-42	20-25	56-72	64-85
Обработанный, твердый	60-80	40	3-9	185-209

2. Механические свойства при повышенных температурах.

Таблица 4

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C					
		100	150	200	300	400	500
σ_s	мягкий [1]	42-47	—	43-53	52-55	—	19-21
	твердый	—	73	68	67	50	—
$\sigma_{0.2}$	твердый	—	55	57	50	32	—
δ	мягкий [1]	48-62	—	38-67	23-39	—	8-14
	твердый	—	13	17	18	48	—

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 5

Состояние материала	E
Обработанный, мягкий	10600
Обработанный, твердый	9400-9800

Бронза оловянно-фосфористая

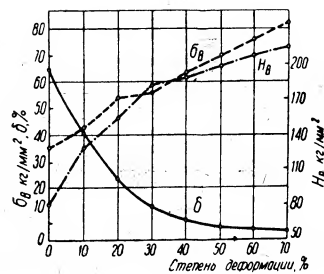
Бр. ОФ 6,5-0,15

4. Механические свойства при низких температурах [2].

Таблица 6

Вид полуфабриката и состояние материала	Свойства	Температура испытания, °C			
		+20	-180	-196	-250
Листы холоднокатаные	σ_s	63	—	84	95
	δ	12	29	—	29
	ψ	61	54	—	51

5. Механические свойства бронзы в зависимости от степени деформации [2].

Рис. 26
Лента толщиной 3,5 мм.

После сварной детали должен быть защищен от окисления пленкой.

Материал удовлетворяет следующим требованиям:

- 1. Малоподвижной стали.
- 2. Возможна дотекстовая сварка напылением стали с углеродными синхронными преобразователями.
- 3. Сварка сварочного аппарата в вакууме при температуре сварки.
- 4. При сварке сварочного аппарата в вакууме при температуре сварки.
- 5. При сварке сварочного аппарата в вакууме при температуре сварки.

При сварке сварочного аппарата в вакууме при температуре сварки.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Материал предназначен для изготовления деталей, работающих в условиях коррозионной среды.

Материал предназначен для изготовления деталей, работающих в условиях коррозионной среды.

Материал предназначен для изготовления деталей, работающих в условиях коррозионной среды.

БРОНЗА ОЛОВЯННО-ФОСФОРНАЯ Бр. ОФ 6,5-4,15

Основное назначение: изготовление пружинящих деталей ответственного назначения и антифрикционных деталей.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТУ

1. Химический состав (ГОСТ 5017-49)

Марка	Основные компоненты					Примеси, %					Среднее значение
	Sn	Pb	Fe	Pt	Si	B	A	S	As	Se	
Сплав	6,5	4,15	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,1

Примечание: За счет меди может содержаться цинк до 0,2%, никель — до 0,2%.

Содержание фосфора может быть увеличено до 0,3—0,4% (по требованию потребителя).

Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей. Содержание свинца в металле допускается не более 0,002% каждого.

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источники	σ _{0,2} и σ _в в МПа	
			σ _{0,2}	σ _в
Полосы	мягкие	ГОСТ 1761-50	30	38
»	твердые	То же	50	3
»	особо твердые	»	60	1
Ленты	мягкие	»	30	38
»	твердые	»	50	1
»	особо твердые	»	60	1

Примечание: Ленты толщиной 0,15 мм и менее испытываются на растяжение и сжатие.

3. Медь, виснец и сплав на медной основе

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава, %: Cu — 60,33; Al — 1,10; Fe — 0,90; Zn — остальное.
2. Испытания производились на пятикратных образцах, изготовленных из холоднокатаных прутков, имеющих диаметры: 34, 31 и 27 мм.
3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.
4. Длительность выдержки при температуре испытаний во всех случаях составляла 10 мин.

2. Механические свойства в зависимости от степени деформации [1].

Таблица 4

Вид полуфабриката	Степень деформации, %	Механические свойства		
		σ_s	σ_b	H_b
Прутки холоднокатаные	отожженные	43	42	107
	10	49	22	148
	20	60	12	171
	40	69	11	185

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве, состава, %: Cu — 60,33; Al — 1,10; Fe — 0,90; Zn — остальное.
2. Испытания производились на пятикратных образцах.
3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

3. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [1].

Таблица 5

Вид полуфабриката	Температура отжига, °C	Механические свойства		
		σ_s	σ_b	H_b
Прутки холоднокатаные с деформацией 40%	300	59	24	122
	400	53	35	99
	500	51	38	90
	600	50	36	90
	700	50	42	90

Примечания: 1. Испытания проведены на сплаве, состава, %: Cu — 60,33; Al — 1,10; Fe — 0,90; Zn — остальное.
2. Испытания производились на пятикратных образцах.

Латунь алюминиево-железистая

ЛАЖ60-1-1

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.
4. Время выдержки при температуре отжига во всех случаях составляло 2 часа.

4. Физические свойства:

а) Удельный вес $\gamma = 8,5 \text{ г/см}^3$ [2].
б) Коэффициент трения f [1]:

со смазкой	0,042
без смазки	0,21

Антифрикционные свойства определены на машине Амслера в паре со сталью 40Х (твердость $R_c = 31-35$):

а) со смазкой удельная нагрузка — 87 кг/см^2 , скорость — $0,42 \text{ м/сек}$, продолжительность испытания — 4 часа. Смазка консистентная марки АФ 70 (ГОСТ 2967-52).
б) без смазки удельная нагрузка — $12,5 \text{ кг/см}^2$, скорость — $0,42 \text{ м/сек}$. Характер нагрузки — спокойная.

5. Коррозионная стойкость. Отличается хорошей коррозионной стойкостью в атмосферных условиях и в пресной воде [2]. Подвергается коррозионному растрескиванию при наличии растягивающих напряжений более 2 кг/мм^2 .

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литье [1]. Температура литья $1080-1100^\circ \text{C}$; атмосфера печи при плавлении восстановительная. Защитный покров — древесный уголь. Температура изложницы 100°C . Состав смазки для изложницы — керосин, канифоль, сажа.

2. Обработка давлением [1]. Хорошо обрабатывается давлением в горячем состоянии. Куется и штампуются при температуре $780-600^\circ \text{C}$.

3. Обрабатываемость резанием [1]. По сравнению с Л-62 обрабатывается резанием хуже, но дает лучшую чистоту обработанной поверхности.

4. Термическая обработка [1]. Для уменьшения твердости производится отжиг при температуре $700-750^\circ \text{C}$.

5. Сварка [3]. Материал удовлетворительно сваривается точечной сваркой на обычных или импульсных машинах контактной сварки. Время сварки выбирается минимальным, порядка $0,1-0,3 \text{ сек}$. Мощность машины берется в полтора-два раза больше, чем для сварки той же толщины малоуглеродистой стали; сварочное давление берется несколько ниже давления, необходимого для сварки стали той же толщины.

ЛАТУНЬ АЛЮМИНИЕВО-ЖЕЛЕЗИСТАЯ ЛАЖ60-1-1

Основное назначение: изготовление деталей, работающих в умеренно агрессивных коррозионных средах, и применение в качестве антифрикционного материала в условиях работы со смазкой при удельном давлении до 15 кг/см².

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 1019-47).

Марка сплава	Компоненты, %									Примеси, %, не более
	Cu	Fe	Mn	Al	Si	Pb	Sb	Bi	P	
ЛАЖ60-1-1	58,0—61,0	0,75—1,50	0,1—0,6	0,75—1,50	остаток	0,400	0,005	0,002	0,01	0,7

Примечания: 1. Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.
2. Примесь никеля до 0,5% считается допустимой.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источники	Таблица 2		
			σ _т	σ _{0,2}	Н _в
Прутки прессованные диаметром 13—130 мм	по ГОСТ 2660-48	45	18	—	—
Слитки в чулке *	литые	АМТУ 211-51	42	18	90

* Состав по АМТУ 211-51: содержание меди должно быть 51—53%, содержание олова 11%, содержание остальных элементов — как указано в табл.

ЛАТУНЬ АЛЮМИНИЕВО-ЖЕЛЕЗИСТАЯ

ЛАЖ60-1-1

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства при низких и повышенных температурах [1].

Таблица 3

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C					
		-180	-80	-40	+20	+200	+300 +500
σ _т	мягкий	61	55	54	53	35	20
	нагартованный — 21%	72	66	62	62	43	21
	нагартованный — 38%	75	70	68	69	53	23
σ _{0,2}	мягкий	52	47	48	46	32	19
	нагартованный — 21%	66	59	56	56	41	18
	нагартованный — 38%	71	63	63	60	49	20
Н _в	мягкий	47	41	41	39	27	14
	нагартованный — 21%	59	49	48	49	36	14
	нагартованный — 38%	63	52	51	50	42	16
δ ₅	мягкий	23	22	19	21	29	53
	нагартованный — 21%	14	11	11	9	20	46
	нагартованный — 38%	13	10	9	11	15	40
ε	мягкий	31	32	34	35	64	60
	нагартованный — 21%	22	24	32	34	65	60
	нагартованный — 38%	19	24	29	30	58	59
Δ	мягкий	3,4	4,8	5,7	4,4	5,0	4,3
	нагартованный — 21%	2,9	3,7	5,9	4,5	5,3	4,9
	нагартованный — 38%	2,6	3,3	3,8	3,4	4,5	4,0

3. Медь, спички и сплавы на медной основе

6) Коэффициент линейного расширения α [5].

Таблица 6

Интервал температур, °C	25—100	100—200	200—300
$\alpha \cdot 10^6$	20,3	20,9	25,3

в) Удельное электросопротивление ρ , $\frac{\text{ОМ} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ [5].

Таблица 7

Температура, °C	20	100	300
ρ	0,0881—0,090	0,0999—0,1177	0,1197—0,1342

г) Температурный коэффициент электросопротивления α , [5].

Таблица 8

Интервал температур, °C	25—100	100—300
α	0,00184	0,00110

д) Удельный вес $\gamma = 8,5 \text{ г/см}^3$ [1].

е) Критические точки [3]:

начало кристаллизации	885°C
конец кристаллизации	900°C

ж) Коэффициент трения f [3]:

со смазкой	0,012
без смазки	0,39

В условиях трения со смазкой допускаемое давление не должно превышать 15 кг/см^2 .

7. Коррозионная стойкость. Латунь обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью [1].

Потери в весе при коррозионных испытаниях в морской воде составляют $0,0092 \text{ г/мм}^2 \cdot \text{час}$ в 10%-ном растворе серной кислоты $0,072 \text{ г/мм}^2 \cdot \text{час}$ в 2%-ном растворе щелочи $0,024 \text{ г/мм}^2 \cdot \text{час}$ [3].

Латунь железисто-марганцовистая

ЛЖМс58-1-1

Подвергается растрескиванию в условиях умеренно агрессивных коррозионных сред при наличии растягивающих напряжений выше 2 кг/мм^2 .

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА [3], [6]

1. Литейные свойства и литье. Температура литья $1040-1080^\circ\text{C}$, атмосфера печи при плавлении — нейтральная или слабо восстановительная. Защитный покров — древесный уголь. Линейная усадка — $2,1\%$ (литье в землю).

2. Обработка давлением. Хорошо обрабатывается давлением в горячем состоянии. Прокатывается в интервале температур $850-700^\circ\text{C}$. Прессуется в интервале температур $850-750^\circ\text{C}$. Куется и штампуются при температуре $715-550^\circ\text{C}$. Допускается холодная штамповка.

3. Обрабатываемость резанием удовлетворительная.

4. Термическая обработка. Для уменьшения твердости производится отжиг при температуре $600-700^\circ\text{C}$.

Отжиг для снятия внутренних напряжений производится при температурах:

$300-400^\circ\text{C}$ для литого материала

$280-300^\circ\text{C}$ для нагартованного материала

5. Сварка. Сваривается газовой сваркой и электросваркой.

6. Притираемость к цветным сплавам удовлетворительная.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления крышек сальников, грунтовок, деталей ниппельно-шаровых соединений, заглушек, пробок кранов, тарелок клапанов, колец, втулок и других деталей, работающих на трение [5], [1].

ИСТОЧНИКИ

[1] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. Оборонгиз, 1950.

[2] Данные НИИ. П/л 621.

[3] А. П. Смирнягин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургия, 1949.

[4] Данные НИИ. П/л 989.

[5] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.

[6] Нормаль С1-667-48. Сплавы цветные и легкие, применяемые в судостроении.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм².

Таблица 4

Состояние материала	E
Литье в кокиль [3]	9700
Обработанный, мягкий [3]	10600
Обработанный, твердый [5]	10900

4. Механические свойства в зависимости от степени деформации [3].

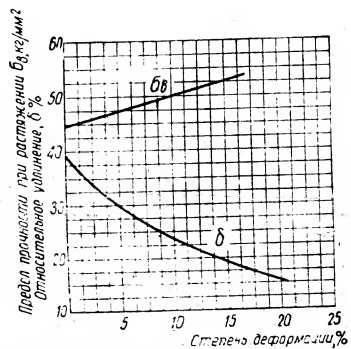


Рис. 24.

Латуни железисто-марганцовистая

ЛЖМц50-1-1

5. Механические свойства в зависимости от температуры отжига [3].

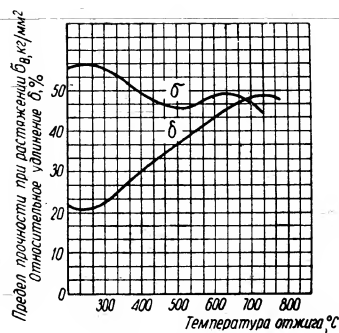


Рис. 25

6. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см сек град}}$ [5].

Таблица 5

Температура, °C	20	0—40	400
λ	0,241	0,217	0,232

3 Медь, сплав и сплавы на медной основе

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	$\sigma_{\text{в}}$ не менее	
			$\sigma_{\text{в}}$	$\delta_{\text{в}}$
Трубы прессованные	без термической обработки	ГОСТ 494-52	44	28
Прутки тянутые, диаметром 5-40 мм	отожженные при низкой температуре	ГОСТ 2060-48	50	18
Прутки прессованные, диаметром 10-120 мм	без термической обработки	То же	44	28
Прутки катаные, диаметром 35-100 мм	То же	.	50	18

Примечание. Для прессованных прутков допускается понижение относительного удлинения до 20% при условии, что $\sigma_{\text{в}}$ и $\delta_{\text{в}}$ не менее 72.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства.

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние материала	Растяжение						$\sigma_{\text{в}}$	$\delta_{\text{в}}$
		$\sigma_{\text{в}}$	$\sigma_{\text{т}}$	$\sigma_{\text{с}}$	$\sigma_{\text{с}}$	δ	$\delta_{\text{с}}$		
Прутки [1]	прессованные	15,0	—	45,0	50,0	30,0	—	8,0	80,0
Прутки [2]	тянутые	37,2	1,2	—	—	—	—	3,3	—
Прутки [3]	тянутые	—	—	15,0	—	20,0	—	160,0	—
Литые в кассеты [3]	литой	18,0	8,0	40,0	—	25,0	—	—	90,0
Образцы тонкого литья [3]	литой	17,0	—	47,0	—	—	30,0	—	50,0

Латуни железисто-марганцовистая

ЛЖМц-1-1

2. Механические свойства при повышенных и низких температурах [4].

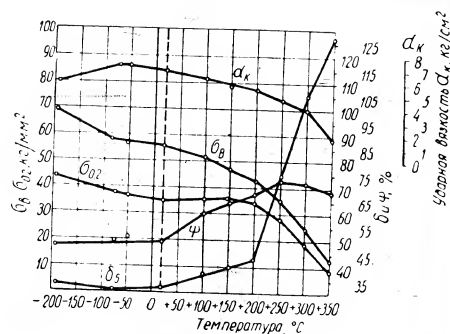


Рис. 23

Химический состав испытанных образцов, %: Cu = 58,08; Mn = 0,62; Fe = 1,08; Al = 0,22; Sn = 0,63; Zn = остальное. Испытания проводились на образцах диаметром 8 мм и длиной 50 мм, вырезанных из прутков диаметром 16 мм.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

ИСТОЧНИКИ

- 1) Справочник машиностроителя Т. II. Машгиз, 1962.
- 2) А. П. Смирятин Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургия, 1949.
- 3) Данные НИИ. П/я 621.
- 4) Справочник по авиационным материалам Конструкционные материалы Т. I. Оборонгиз, 1950.
- 5) Данные НИИ. П/я 989.
- 6) Справочник по материалам, применяемым в судостроении Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- 7) А. В. Мастрюков Технология металлов. Машгиз, 1962.
- 8) Нормаль С1-667-48. Сплавы цветные и легкие, применяемые в судостроении. Министерство судостроительной промышленности, 1948.

ЛАТУНЬ ЖЕЛЕЗИСТО-МАРГАНЦОВИСТАЯ
ЛЖМц 59-1-1

Основное назначение: изготовление деталей (литых и полученных из деформированных полуфабрикатов), работающих в условиях умеренно агрессивных коррозионных сред, и применение в качестве антифрикционного материала в условиях работы со смазкой, при удельном давлении до 15 кг/мм².

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1019—47).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %						Примеси, %, не более			
	Cu	Fe	Mn	Al	Sn	Zn	Pb	Sb	Bi	P
ЛЖМц 59-1-1	57,0—60,0	0,6—1,2	0,5—0,8	0,1—0,2	0,3—0,7	остаточное	0,20	0,01	0,003	0,01
										0,25

Примечания: 1. Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.

2. Примесь никеля до 0,5% считается допустимой за счет содержания меди.

в) Удельное электросопротивление ρ , $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ [6].

Таблица 11

Температура, °C	20	100	300
ρ	0,0648	0,0727	0,0927

г) Температурный коэффициент электросопротивления α , [6].

Таблица 12

Интервал температур, °C	25—100	100—300
α	0,001695	0,001594

д) Удельный вес $\gamma = 8,45 \text{ г/см}^3$ [4].

е) Критические точки [2]:

начало кристаллизации 826°C;
 конец кристаллизации 885°C.

ж) Коэффициент трения f (при испытаниях на машине Амслера) [4]:

со смазкой 0,012
 без смазки 0,2

В условиях трения со смазкой допускаемое давление не должно превышать 20 кг/мм^2 .

8. Коррозионная стойкость. В напряженном состоянии латунь весьма чувствительна к коррозионному или так называемому «сезонному» растрескиванию. Во избежание указанного явления наклепанные полуфабрикаты и изделия марки ЛС 59-1 подвергаются низкотемпературному отжигу при температуре $275—290^\circ\text{C}$ [7].

Латунь ЛС 59-1 подвергается растрескиванию в условиях умеренно агрессивных коррозионных сред при наличии растягивающих напряжений выше 2 кг/мм^2 .

Потери в весе в 10%-ном растворе серной кислоты составляют $0,583 \text{ г/мм}^2 \cdot \text{час}$ [2].

Потери в весе под действием морской воды составляют $0,014 \text{ г/мм}^2 \cdot \text{час}$ [2].

В атмосферных условиях коррозионно устойчива.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литье и литейные свойства [6]. Температура литья $1020—1060^\circ\text{C}$. Атмосфера при плавении нейтральная или слабо восстановительная. Температура изложницы 100°C ; состав смазки изложницы: керосин, канифоль, сажа. Защитный покров — древесный уголь. Линейная усадка — $2,2\%$ (литье в кокиль).

2. Обработка давлением [8]. Горячая прокатка производится в интервале температур $790—740^\circ\text{C}$. Прессуется при температуре $850—750^\circ\text{C}$. Куется и штампуются при температуре $750—600^\circ\text{C}$. Максимально допустимая деформация: в холодном состоянии — 45% (суммарная деформация); в горячем состоянии — 80% .

3. Обрабатываемость резанием [8] отличная. Ввиду получения сыпучей стружки допускается обработка на автоматных станках.

4. Термическая обработка [8]. Для уменьшения твердости производится отжиг при температуре $750—800^\circ\text{C}$. Отжиг для снятия внутренних напряжений производится при температурах: для литого состояния $300—400^\circ\text{C}$; для нагартованного состояния $280—300^\circ\text{C}$.

5. Сварка [5]. Хорошо сваривается аргоно-дуговой сваркой и ручной электродуговой сваркой с угольным электродом, удовлетворительно сваривается газовой сваркой; плохо — ручной электродуговой сваркой с плавящимся электродом.

При ручной электродуговой и газовой сварке применяется флюс — переплавленная бура и присадочный материал — состав основного металла, легированный раскислителями — Al, Mn, Si, Ni. При газовой сварке рекомендуется применять слегка окислительные пламя.

6. Притираемость к цветным металлам удовлетворительная.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяют для изготовления труб, стопоров, винтов, штифтов, шпильек, nipples, корпусов, кранов, прокладок, колец, распылителей, жиклеров, тройников, тяг, втулок, сухарей, угольников, контровок.

3. Медь, сплавы и сплавы на медной основе

6. Механические свойства в зависимости от температуры отжига.

а) Лента толщиной 2,5 мм, подвергнутая до отжига холодной деформации на 50% [4].

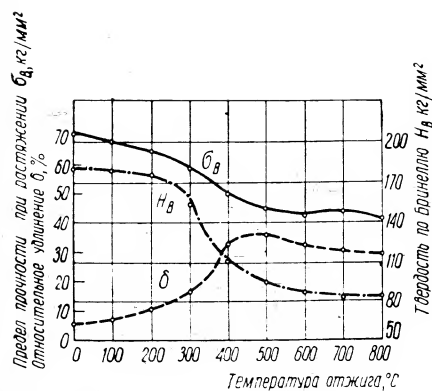


Рис 22

Выпущен из печати 1964 г.

Латуны свинцовистая

ЛС59-1

б) Прутки, подвергнутые до отжига холодной деформации на 40% [3].

Таблица 8

Температура отжига, °C	Механические свойства		
	σ_b	δ_5	H_b
300	44	33	105
400	46	36	96
500	44	43	83
600	43	42	77
700	42	43	72

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава, %: Cu = 67,76; Pb = 1,28; Zn = остальное.

2. Испытания производились на пятикратных образцах.

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

4. Время выдержки при температуре отжига во всех случаях составляло 2 ч.

7. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см сек град}}$ [6].

Таблица 9

Температура, °C	20	0-40
λ	0,250	0,285

б) Коэффициент линейного расширения α [6].

Таблица 10

Интервал температур, °C	25-100	100-200	200-300
$\alpha \cdot 10^6$	18,5	20,5	25,1

3. Медь, спресс и сплавы на медной основе

4. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [2].

Таблица 6

Состояние материала		E
Деформированный	мягкий	9300
	твёрдый	10 395

5. Механические свойства в зависимости от степени деформации.

а) Лента толщиной 3,5 мм [4].

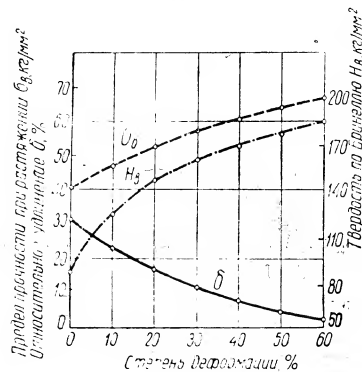


Рис. 21

Латунь свинцовистая

ЛС 59-1

б) Прутки диаметром 50 мм [3].

Таблица 7

Вид полуфабриката	Степень деформации, %	Механические свойства		
		σ_s	σ_b	H_b
Прутки холоднокатаные	отожженные	37	50	80,4
	10	41	38	89,7
	20	43	24	90,0
	40	51	17	171,0

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава Cu = 57,76%; Pb = 1,28%; Zn = остальное.

2. Испытания производились на пятикратных образцах.

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

3. Механические свойства при низких и повышенных температурах.
 а) Латунь состава, %: Cu = 58,2; Pb = 1,48; Fe = 0,12; Zn = остальное [5].

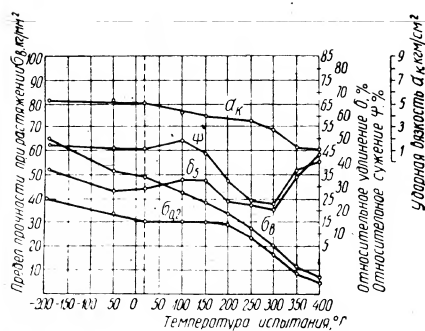


Рис. 20.

Испытания проводились на образцах диаметром 8 мм и длиной 50 мм, вырезанных из прутков диаметром 16 мм.

б) Латунь состава, %: Cu = 57,76; Pb = 1,28; Zn = остальное [3].

Таблица 6

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C						
		-180	-80	-40	+20	+200	+300	+500
σ_t	мягкий	55	46	42	41	28	17	1,6
	нагартованный — 35%	70	57	56	55	40	24	2,4
σ_s	мягкий	20	18	16	15	15	13	—
	нагартованный — 35%	60	51	53	50	38	20	—
σ_v	мягкий	18	15	13	12	13	11	—
	нагартованный — 35%	51	44	44	39	36	16	—
σ_b	мягкий	48	40	40	41	45	15	14
	нагартованный — 35%	27	16	16	14	14	11	15
ψ	мягкий	48	57	58	44	44	24	—
	нагартованный — 35%	39	45	50	46	46	19	21
a_k	мягкий	5	6	5	5	3	—	1,0
	нагартованный — 35%	2,2	2,7	3,9	2,6	2,1	—	0,5

Примечания: 1. Испытания производились на пятикратных образцах, изготовленных из холоднокатаных прутков, имеющих диаметры 60 и 40 мм.

2. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов.

3. Длительность выдержки при температуре испытаний во всех случаях составляла 10 мин.

3. Медь, спилец и сплавы на медной основе

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s σ_{10}	
			не менее	
Листы и полосы холоднокатаные	мягкие	ГОСТ 931-52	35	25
То же	твердые	то же	45	5
Листы и полосы горячекатаные	мягкие	"	35	25
Ленты	то же	ГОСТ 2208-49	35	25
То же	твердые	то же	45	5
Прутки тянутые диаметром 6—40 мм	то же	ГОСТ 2060-48	40	12
Прутки прессованные диаметром 10—120 мм	"	то же	37	18
Прутки катаные диаметром 35—100 мм	"	"	40	12
Проволока диаметром 2—12 мм	мягкая	ГОСТ 1066-50	35	30
Проволока диаметром 2—4,8 мм	твердая	то же	45	5
Проволока диаметром 5—12 мм	то же	"	43	8

Примечания 1. Ленты толщиной менее 0,5 мм испытанию на растяжение не подвергаются.

2. Относительное удлинение проволоки определяется при расчетной длине образца 100 мм.

Латуны свинцовистая

ЛС89-1

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Основные механические свойства.

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение					Сжатие		Сред	σ_k	H_b
	σ_s	$\sigma_{0,2}$	σ_p	δ	ψ	σ_{cd}	ϵ_{cr}			
Литой	34,0	15,0	10,0	27,0	10,7	103,0	26,6**	2,3	81,0	
Деформированный [1]	42,0	14,5	9,0*	36,0—50,0	44,0	140,5**	26,0*	5,0	75,0	
	—	24,0	15,0	—	41,0	—	33,5**	5,95	116,0	
	62,0	42,0	40,0	4,0—6,0	—	—	35,6**	2,8**	149,0	

*) Данные по источнику (2).
**) Данные по источнику (3).

2. Механические свойства вдоль и поперек волокна [4].

Таблица 4

Вид полуфабриката	Свойства	Вдоль волокон	Поперек волокон
Прутки	σ_s	48	46
	$\sigma_{0,2}$	39	36
	σ_p	15	17
	δ	16	15
	E	10 000	—
Листы толщиной 3 мм	σ_s	58	58
	$\sigma_{0,2}$	47	46
	σ_p	22	21
	δ	11	5
	E	9000	—

3 Медь, спилец и сплавы на медной основе

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник машиностроителя. Т. II. Машгиз, 1952.
- [2] А. П. Смирятин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургиздат, 1949.
- [3] В. В. Жолобов и Н. И. Зедин. Металлографический атлас. Металлургиздат, 1949.
- [4] Данные НИИ. П/я 621.
- [5] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. Оборонгиз, 1950.
- [6] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- [7] Справочник металлурга по цветным металлам. Металлургиздат, 1953.
- [8] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Машгиз, 1947.
- [9] Нормаль С1-667-48. Сплавы цветные и легкие, примененные в судостроении. Министерство судостроительной промышленности, 1948.
- [10] В. Т. Мещеряков. Справочник по листовой штамповке и штампам. Росгизмашпром, 1950.
- [11] Данные НИИ. П/я 989.

ЛАТУНЬ СВИНЦОВИСТАЯ ЛС 59-1

Основное назначение: обрабатываемый давлением сплав применяется для изготовления деталей различного назначения, а также используется в качестве антифрикционного материала в условиях работы со смазкой, при удельном давлении до 20 кг/см².

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (ГОСТ 1019-47).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %			Примеси, %				
	Cu	Pb	Zn	Fe	Sb	Bi	P	сумма всех примесей
				не более				
ЛС59-1	57,0-60,0	0,8-1,9	остальное	0,5	0,010	0,003	0,02	0,75

Примечания: 1. Для антимагнитных материалов содержание железа в сплаве не должно превышать 0,03%.

2. Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.

3. За счет содержания меди примесь никеля до 1% считается допустимой.

4. Сумма примесей олова и кремния не должна превышать 0,5%.

9. **Коррозионная стойкость.** В напряженном состоянии латуни весьма чувствительны к коррозионному или так называемому «сезонному» растрескиванию. Во избежание указанного явления наклепанные полуфабрикаты и изделия из латуни марки Л-62 подвергаются низкотемпературному отжигу при температуре 280—350°C [2].

Подвергается также растрескиванию в условиях умеренно агрессивных коррозионных сред при наличии растягивающих напряжений выше 2 кг/мм².

В атмосферных условиях, в морской воде при спокойном погружении и при перемешивании среды, в пресной воде, в атмосфере сухой и горячей углекислоты, в растворах большинства неорганических солей, в нефти, бензоле, бензине, спирте и не содержащем воды четыреххлористом углероде, а также в растворах едких щелочей при спокойном погружении латунь марки Л-62 коррозионно устойчива.

В растворах солей хлорноватистой кислоты, в разбавленных и концентрированных серной и соляной кислотах, а также в хлорной и аммиачной воде латунь марки Л-62 мало устойчива.

В азотной кислоте, в разбавленных и концентрированных растворах аммиака, в газообразном аммиаке, а также в концентрированной или нагретой соляной кислоте латунь марки Л-62 коррозионно неустойчива [6].

Потери в весе при коррозионных испытаниях в морской воде составляют 0,054 г/м² час, а в 10% растворе серной кислоты — 0,068 г/м² час [1].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литье и литейные свойства** [1], [2]. Температура литья 1080—1100°C. Атмосфера при плавлении восстановительная. Защитный покров — древесный уголь. Температура наложения 100°C. Состав смазки для наложения:

а) для болтовых наложниц — 28% какифоли, 14% саж, 58% керосина;

б) для листовых наложниц — 30% зеленого мыла, 70% косяной муки.

Линейная усадка — 1,77% (литье в кокиль).

2. **Обработка давлением** [1], [2], [6], [9], [10]. Латунь Л-62 обладает высокой пластичностью в горячем состоянии и повышенной прочностью в холодном состоянии.

140

Температура прокатки и прессовки 850—800°C. Ковка и штамповка производятся в интервале температур 765—550°C. Легко подвергается гибке при нормальной температуре.

3. **Обрабатываемость резанием** [9]. Из-за получения выходящей стружки обрабатываемость резанием неудовлетворительная.

4. **Термическая обработка** [2]. Для снятия наклепа дается рекристаллизационный отжиг при температуре 600—700°C. Во избежание образования трещин в изделиях, подвергающихся длительному хранению, применяется низкотемпературный отжиг при 280—350°C.

5. **Сварка** [11]. Латунь марки Л-62 хорошо сваривается электродуговой сваркой под слоем флюса угольным электродом и удовлетворительно газовой сваркой. Материалы, применяемые при сварке:

а) при электродуговой сварке присадочный материал соответствует основному материалу. Флюс ОСЦ-45;

б) при газовой сварке присадочный материал — проволока ЛК1, ЛЦНК или Л62. Флюс — переплавленная бура.

Материал удовлетворительно сваривается точечной сваркой на обычных или импульсных машинах контактной сварки. Время сварки выбирается минимальным, порядка 0,1—0,3 с/ш. Мощность машины берется в полтора-два раза больше, чем для сварки той же толщины малоуглеродистой стали; сварочное давление несколько ниже давления, применяемого для сварки стали той же толщины. Перед сваркой материал нужно зачистить от окисных пленок.

Материал удовлетворительно сваривается точечной сваркой с малоуглеродистой сталью.

Возможна роликовая сварка небольших толщин с инертным синхронным прерывателем. Параметры сварочного режима выбираются так же, как и для точечной сварки. При роликовой сварке особо следует обращать внимание на зачистку деталей и плотность их сборки.

6. **Притираемость к цветным сплавам** плохая [9].

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

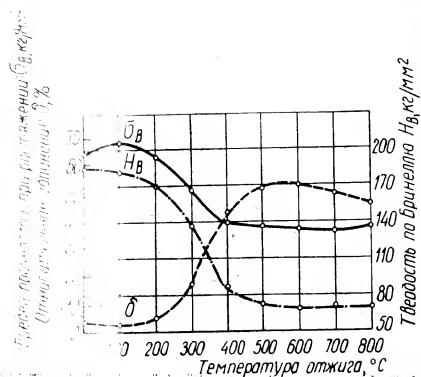
Применяется для изготовления трубопроводов, прокладок, шайб, колец, штифтов, заклепок [5].

11

161

ль, свинец и сплавы на медной основе

Механические свойства в зависимости от температуры



Лента толщиной 0,2 мм, подвергнутая до отжига холодной деформации, выдержка при температуре отжига 1 ч.

Латунь

Л102

8. Физические свойства.

а) Теплопроводность $\lambda, \frac{\text{кал}}{\text{см сек град}}$ [2], [7].

Таблица 8

Температура, °C	20	100
λ	0,20	0,25

б) Коэффициент линейного расширения α [2], [7].

Таблица 9

Интервал температур, °C	20	16-250	20-300	700
$\alpha \cdot 10^6$	20,0	19,8	20,6	22,5

в) Удельное электросопротивление $\rho = 0,071 \frac{\text{ом мм}^2}{\text{м}}$ [6]

г) Температурный коэффициент электросопротивления $\alpha_s = 0,0017$ [6].

д) Удельный вес $\gamma = 8,5 \text{ г/см}^3$ [5].

е) Теплоемкость в интервале температур 18—100°C

$C = 0,095 \frac{\text{кал}}{\text{г град}}$ [7].

ж) Критические точки [2]:

начало кристаллизации 898°C;
конец кристаллизации 905°C.

з) Коэффициент трения f [1]:

со смазкой 0,012;
без смазки 0,39.

Антифрикционные свойства определены на машине Амслера в паре с осевой железнодорожной сталью:

а) со смазкой удельная нагрузка 75 кг/см²; скорость 0,4 м/сек; продолжительность испытания 6 часов; смазка — веретенное масло № 2;

б) без смазки удельная нагрузка 12,5 кг/см²; скорость 0,4 м/сек; характер нагрузки — спокойная.

3. Медь, сплав и сплавы на медной основе

5. Модуль нормальной упругости (для мягкого материала)
 $E = 10000 \text{ кг/мм}^2$ [2].
6. Механические свойства в зависимости от степени деформации.

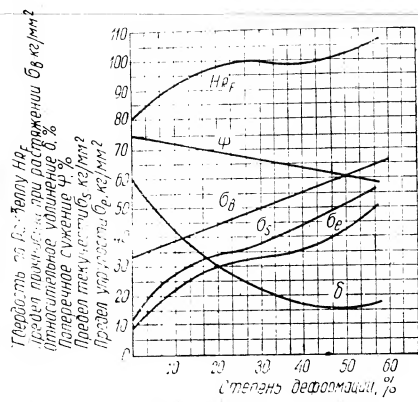


Рис. 17
 Проволока диаметром 6 мм (2).

Латунь

Л62

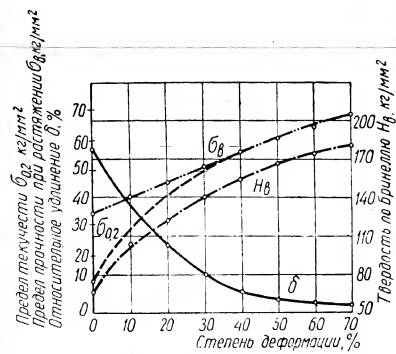


Рис. 18
 Лента толщиной 3,5 мм (5).

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

2. Механические свойства вдоль и поперек волокна [5].

Таблица 5

Вид полуфабриката	Свойства	Вдоль во- локна	Поперек волокна
Прутки прессо- ванные	σ_s	37	37
	$\sigma_{0.2}$	16	16
	σ_p	9	8
	δ	49	49
	E	10 500	10 400

3. Механические свойства при повышенных температу-
рах [6].

Таблица 6

Состояние материала	Листы, полосы горячекатаные			Прутки кованые			
	Температура испытания, °С						
	20	200	300	20	200	300	400
Механические свойства							
σ_s	30	30	25	45	37	32	24
$\sigma_{0.2}$	—	—	—	18	19	19	19
σ_p	—	—	—	16	17	18	16
δ	30	35	40	39	51	49	25
ψ	—	—	—	27	27	32	—

Примечание. Относительное удлинение сплава в катаном со-
стоянии дано для 10 кратных, а в кованом состоянии для 5-кратных
образцов.

4. Механические свойства при низких и повышенных тем-
пературах [4].

174

Латунь

Л62

Таблица 7

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °С						
		-180	-80	-40	20	200	300	500
σ_s	мягкий	45	38	38	34	28	17	2,1
	нагартованный—28%	57	49	50	48	39	22	3
	нагартованный—45%	64	52	54	50	47	26	3
$\sigma_{0.2}$	мягкий	14	13	14	12	12	10	—
	нагартованный—28%	51	43	46	46	37	20	—
	нагартованный—45%	57	48	50	47	45	23	—
σ_p	мягкий	10	10	12	9	10	8	—
	нагартованный—28%	47	40	38	39	32	17	—
	нагартованный—45%	52	38	42	40	39	18	—
δ_5	мягкий	67	59	55	55	59	31	19
	нагартованный—28%	39	24	25	22	17	27	19
	нагартованный—45%	34	23	22	20	15	16	19
ψ	мягкий	61	72	69	69	60	30	—
	нагартованный—28%	68	67	68	69	64	41	—
	нагартованный—45%	63	62	68	66	48	19	—
α_k	мягкий	14	14	13	11	9	3	3
	нагартованный—28%	10	9	10	9	8	7	2
	нагартованный—45%	9	9	10	10	7	7	2

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава:
Cu = 61,65%, Zn = остальное.

2. Испытания производились на пятикратных образцах, изготовлен-
ных из холоднокатаных прутков, имеющих диаметры: 60, 42 и 36 мм.

3. В таблице приведены средние данные по результатам испытаний
трех образцов.

4. Длительность выдержки при температуре испытаний во всех
случаях составляла 10 мин.

185

3. Медь и сплавы на медной основе

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее	
			σ_s	δ_{10}
Листы и полосы холоднокатаные	особо твердые	ГОСТ 931-52	60	2,5
Листы и полосы горячекатаные	мягкие	ГОСТ 2208-49	30	30
Ленты	мягкие	То же	38	20
То же	полутвердые	То же	42	10
»	твердые	То же	60	2,5
»	особо твердые	То же	60	2,5
Прутки тннутые, диаметром 6-40 мм	твердые	ГОСТ 2060-48	38	15
Прутки прессованные, диаметром 10-120 мм	То же	То же	30	30
Прутки катаные, диаметром 35-100 мм	То же	То же	38	15
Проволока диаметром 0,1-0,5 мм	мягкая	ГОСТ 1066-50	35	20
Проволока диаметром 0,55-1 мм	То же	То же	35	26
Проволока диаметром 1,1-4,8 мм	То же	То же	35	30
Проволока диаметром 6-12 мм	мягкая	ГОСТ 1066-50	32	34
Проволока диаметром 0,1-1 мм	полутвердая	То же	45	5
Проволока диаметром 1,1-4,8 мм	То же	То же	40	10
Проволока диаметром 6-12 мм	То же	То же	36	12
Проволока диаметром 0,1-0,5 мм	твердая	То же	60	0,5
Проволока диаметром 0,55-1 мм	То же	То же	55	1
Проволока диаметром 1,1-4,8 мм	То же	То же	45	2
Проволока диаметром 6-12 мм	То же	То же	41	5
Трубы тннутые	мягкие	ГОСТ 994-52	30	38
То же	полутвердые	То же	34	30
Трубы прессованные	То же	То же	30	38

Примечания: 1 Проволока диаметром менее 0,5 мм полутвердой не изготавливается.
2 Ленты толщиной менее 0,5 мм испытанию на растяжение не подвергаются.

Латуны

Лит

3. Испытание на глубину продавливания, по Эриксену, листов, полос и лент (в состоянии поставки).

Таблица 3

Вид полуфабриката	Толщина полуфабриката, мм	Источник	Глубина продавливания, по Эриксену, мм (радиус пуансона 10 мм) материала		
			мягкого (не менее)	полуфабриката	твердого
Листы и полосы	0,4-0,5	ГОСТ 931-52	9,5	7,0-9,0	5,0-7,0
	0,6-1	То же	10,0	7,5-9,5	5,5-7,5
	1,2-1,5	То же	10,5	8,0-10,0	—
Ленты	до 0,25	ГОСТ 2208-49	7,5	5,5-7,5	3,0-5,0
	0,30-0,55	То же	9,5	7,5-9,5	5,5-7,5
	0,6-1,1	То же	10	8,0-10,0	6,0-8,0
	1,2-1,6	То же	10,5	8,5-10,5	—
	1,7-2	То же	11,0	9,0-11,0	—

Примечания: 1 Листы и полосы толщиной более 1,5 мм и ленты толщиной менее 0,1 мм испытанию на продавливание не подвергаются.
2 Мягкие ленты для пластинчатых радиаторов (толщиной 0,1-0,12 мм) должны иметь глубину продавливания не менее 6,5 мм.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства.

Таблица 4

Состояние материала	Растяжение					Сжатие		$\sigma_{\text{ср}}$	δ
	σ_s	$\sigma_{0,2}$	σ_r	δ	ψ	$\sigma_{\text{сж}}$	$\tau_{\text{сж}}$		
Литой [2]	32,8	12,0	11,0	35,5	50,0	—	24,0	14,9***	—
Обработанный мягкий [1]	35,0	11,0	6,0	49,0	66,0	26,0*	25,8**	14,0	56,0
Обработанный твердый [2]	68,0	48,0	25,5	9,0**	31,0**	—	—	10,5***	164,0

* Данные по источнику [2].
** Данные по источнику [3].
*** Данные по источнику [4].

3. Медь, спилец и сплавы на медной основе

8. Коррозионная стойкость. В напряженном состоянии полупрокат чувствителен к коррозионному растрескиванию, но менее, чем другие латуни. Во избежание указанного явления наклепанные полуфабрикаты и изделия подвергаются низкотемпературному отжигу. При воздействии слабых растворов или паров аммиака полупрокат быстро разрушается [1]. Потеря в весе при коррозионных испытаниях в морской воде составляет 0,43 г/м² в сутки [2].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Температура литья 1160—1180°C. Атмосфера при плавлении — восстановительная. Защитный покров — древесный уголь. Температура изложницы 80°C. Состав смазки для изложницы: керосин — 58%, канифоль — 28%, сажа — 14% [2]. Линейная усадка при литье в кокиль — 2% [1].

2. Обработка давлением. Сплав обладает высокой пластичностью в горячем и холодном состояниях. Температура горячей обработки 820—870°C [1].

3. Обрабатываемость резанием хорошая.

4. Термическая обработка. Для снятия наклепа применяется рекристаллизационный отжиг при температуре 540—560°C. Во избежание образования трещин в изделиях, подвергающихся длительному хранению, применяется низкотемпературный отжиг при 280—350°C.

5. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается газовой и аргоно-дуговой сваркой. Основным дефектом сварных соединений — пористость наплавленного металла вследствие выгорания цинка. В качестве присадочного материала рекомендуются прутки из латуни, близкой по химическому составу к основному материалу, с добавками раскиснителей — алюминия, кремния, марганца, никеля.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сплав применяется для изготовления трубопроводов, сильфонов, прокладок, сеток.

ИСТОЧНИКИ

[1] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. Машин. 1947.
[2] А. П. Смирнов. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургиздат, 1949.

[3] Данные НИИ. П/я 621.
[4] В. Д. Туркин и М. В. Румянцев. Структура и свойства цветных металлов. Металлургиздат, 1947.

ЛАТУНЬ Л62

Основное назначение: пластичный материал для изготовления листов, лент, прутков, труб и проволоки.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 1019-47).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %		Примеси, %						Сумма всех примесей
	Cu	Zn	Pb	Fe	Sb	Bi	P		
								не более	
Л-62	60,5—63,5	остальное	0,08	0,15	0,005	0,002	0,01	0,5	

Примечания: 1. Для антимагнитных материалов содержание в сплаве железа не должно превышать 0,03%.

2. Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.

3. За счет содержания меди, примесь никеля до 0,5% считается допустимой.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ _с	σ _т
			не менее	
Листы и полосы холоднокатаные	мягкие	ГОСТ 931-52	30	40
То же	полутвердые	То же	35	20
»	твердые	»	42	10

3 Медь, спилец и сплавы на медной основе

5. Механические свойства при низких и повышенных температурах [3].

Таблица 4

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C						
		-180	-80	-40	20	200	300	500
σ_s	мягкий	45	29	28	27	25	23	8
	нагартованный—33%	50	43	39	37	34	30	8
	нагартованный—46%	60	51	50	48	43	39	8
$\sigma_{0.2}$	мягкий	20	15	14	13	11	11	7
	нагартованный—33%	32	38	38	36	33	28	7
	нагартованный—46%	45	48	48	44	41	36	7
σ_p	мягкий	15	8	9	9	9	8	5
	нагартованный—33%	24	32	34	33	30	23	5
	нагартованный—46%	—	40	43	35	36	30	5
δ_2	мягкий	86	69	70	61	41	42	45
	нагартованный—33%	63	42	35	25	18	19	41
	нагартованный—46%	40	23	19	16	13	15	54
ψ	мягкий	74	79	83	82	76	52	57
	нагартованный—33%	72	79	81	78	75	57	70
	нагартованный—46%	72	76	78	75	71	49	85
α_2	мягкий	>27	>25	>25	>23	>23	>23	6
	нагартованный—33%	24	24	22	21	22	23	7
	нагартованный—46%	23	23	21	20	20	24	7

Примечания 1 Испытания проводились на сплаве, состава: Cu = 79,87%, Zn = остальное.

2 Испытания производились на пятикратных образцах, изготовленных из холоднокатаных прутков, имеющих диаметры: 70, 41 и 36 мм.

3 В таблице приведены средние данные по результатам испытаний трех образцов

Полупроводник

Л80

4. При определении значений ударной вязкости полупроводника в мягком состоянии при температурах испытания — 180, — 80, — 40, + 20, + 200 и 300°С образцы Менаже не ломались.

5. Длительность выдержки при температуре испытаний во всех случаях составляла 10 мин.

6. Модуль нормальной упругости E кг/мм² [2].

Таблица 5

Состояние материала	E
Литой в кокиль	9700
Обработанный мягкий	11600
Обработанный твердый	15350

7. Физические свойства [2].

- а) Теплопроводность $\lambda = 0,34 \frac{\text{ккал}}{\text{см. сек. град}}$.
- б) Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6 = 18,8$.
- в) Удельное электросопротивление $\rho, \frac{\text{ом. мм}^2}{\text{м}}$.

Таблица 6

Состояние материала	ρ
Литой в песок	0,060
Деформированный	
мягкий	0,054
твердый	0,060

г) Температурный коэффициент электросопротивления $\alpha_s = 0,0015$.

д) Удельный вес $\gamma = 8,66 \text{ г/см}^3$.

е) Теплоемкость $C = 0,093 \frac{\text{кал}}{\text{г. град}}$.

ж) Критические точки:

 начало кристаллизации 1003°С;

 конец кристаллизации 972°С.

з) Коэффициент трения f :
со смазкой — 0,015;
без смазки — 0,71 [1].

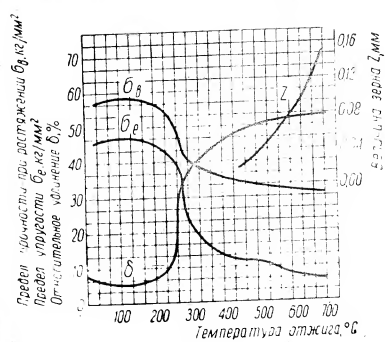


Рис 15
Лист толщиной 1,06 мм

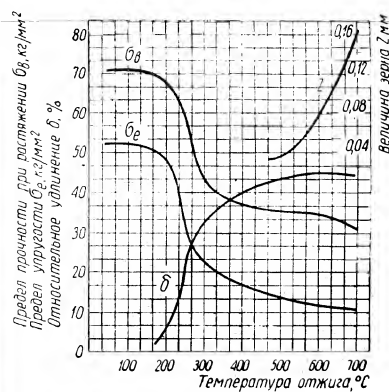
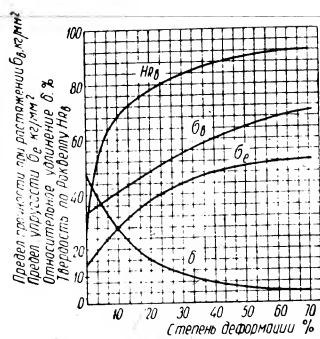
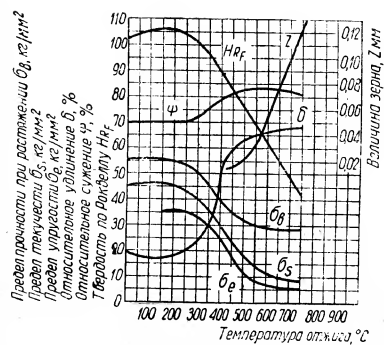


Рис 16
Трубы диаметром 20 мм, толщина стенки 1 мм

Рис. 13.
Лист толщиной 1,06 мм.

4. Механические свойства полуфабрикатов в зависимости от температуры отжига [2].

Рис. 14.
Прутки диаметром 25 мм.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [2].

Таблица 2

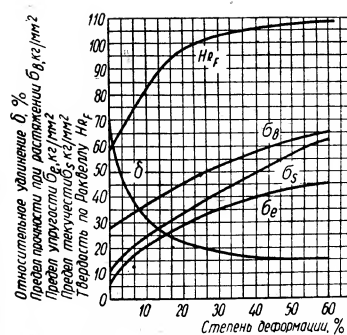
Состояние материала	Растяжение					σ_k	H_b
	σ_s	$\sigma_{0.2}$	σ_p	δ	ψ		
Литой в кокиль	23,0	—	7,3	32,5	30,0	10,0	51,0
Деформированный	мягкий	31,0	12,0	6,8	52,0	69,5	53,0
	твердый	56,0	36,0	36,5	10,0	—	145,5

2. Механические свойства полуфабрикатов.

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние материала	σ_s	δ
Трубы [4]	тянутое мягкое	30	38
	тянутое полутвердое	35	30
Проволока диаметром 0,1—0,8 мм [1]	—	34	29
Ленты и полосы холоднокатаные [4]	мягкие	30	40
	полутвердые	35	25
	твердые	40	15

3. Механические свойства полуфабрикатов в зависимости от степени деформации [2].

Рис. 12.
Пруток диаметром 25 мм.

Погруженный в воду свинец мало корродирует, но активно разрушается под действием влажного воздуха, проявляя высокую стойкость в сухом воздухе.

Свинец стоек по отношению к действию сульфидов, хлоридов, фторидов и плавиковой кислоты.

Свинец плохо сопротивляется действию разбавленной азотной и концентрированной соляной кислот, особенно при нагревании.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литейные свойства и литье** [1], [2]. Жидкотекучесть высокая. Линейная усадка при литье в кокиль — 0,75, при литье в землю — 0,94. Температура литья 370°C. Атмосфера при плавлении восстановительная. Температура изложниц ≈ 100°C. Защитный покров — древесный уголь.

2. **Обработка давлением** [1]. Хорошо деформируется в холодном и горячем состояниях. Прокатка производится в холодном состоянии, а также в интервале температур 150—100° С. Прессование возможно производить в холодном состоянии. Легко куется и штампуется в холодном состоянии. Протяжка и волочение свинца невозможны вследствие его малой прочности.

3. **Обработка резанием** затруднительна вследствие намазывания свинца на режущий инструмент [1].

4. **Сварка.** Свинец сваривается газовой сваркой. Сварка производится без флюса. В качестве присадочного материала применяются прутки из свинца.

5. **Притираемость** плохая.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления различных прокладок, свинцевания, футеровки электролитных ванн, обкладки сернокислотных камер, изготовления кабельных оболочек, аккумуляторов, приготовления сплавов, содержащих свинец (бabbity, припой).

ИСТОЧНИКИ

[1] Справочник по материалам, применяемым в судостроении Цветные металлы. Вып. 3 Судпромгиз, 1949.

[2] А. П. Смирятин. Промышленные цветные металлы. Металлургиздат, 1949.

[3] М. П. Славинский. Физико-химические свойства элементов. Металлургиздат, 1962.

[4] Н. П. Беляев. Свинцевание. Металлургиздат, 1943.

ПОЛУТОМПАК Л80

Основное назначение: изготовление цельнотянутых тонкостенных трубок, применяемых в качестве заготовок для изготовления гибких трубок (сильфонов), лент, листов для прокладок и сеток, проволоки.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1019-47).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %		Примеси, %, не более						
	Cu	Zn	Pb	Fe	Sb	Bi	P	сумма всех примесей	
Л80	79,0—81,0	остальное	0,03	0,10	0,005	0,002	0,01	0,3	

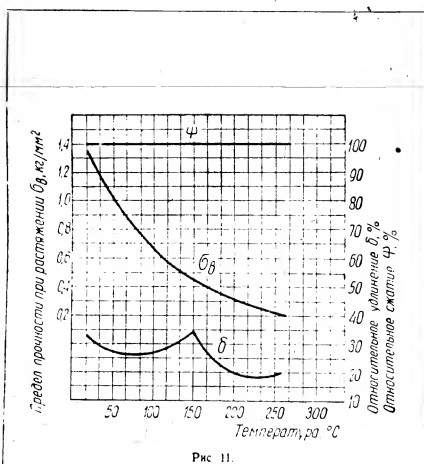
Примечания: 1. Примеси, не указанные в таблице, учитываются в общей сумме примесей.

2. За счет содержания меди примесь никеля до 0,5% считается допустимой.

2. **Механические свойства** (в состоянии поставки). Механические свойства полутомпака Л1-80 в ГОСТах по сортаменту не регламентируются.

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

5. Механические свойства свинца в зависимости от температуры отжига [2].



Свинец

С4

6. Физические свойства

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см. сек. град}}$

Таблица 3

Температура, °C	-12	20	80	100	200	300	400
λ	0,0921	0,0825	0,0782	0,084	0,084	0,074	0,038

б) Коэффициент линейного расширения α [1].

Таблица 4

Интервал температур, °C	20-100	0-300
$\alpha \cdot 10^6$	29,5	33,0

в) Удельное электросопротивление ρ , $\frac{\text{ом. мм}^2}{\text{м}}$ [1], [3].

Таблица 5

Температура, °C	20	100	220	300	327
ρ	0,20	0,27	0,38	0,48	0,55

г) Удельный вес $\gamma = 11,34 \text{ г/см}^3$ [1].д) Теплоемкость C , $\frac{\text{кал}}{\text{г. град}}$ [1].

Таблица 6

Температура, °C	20	50	100	200	300	400
C	0,0299	0,0304	0,0311	0,0324	0,0338	0,0335

е) Температура плавления, °C=327,5.

7. Коррозионная стойкость [1], [3], [4].

Свинец хорошо противостоит действию сильной серной кислоты и в то же время растворяется в слабой уксусной и других органических кислотах.

СВИНЕЦ С4

Основное назначение: применяется для различного рода прокладок, горячего свинцевания и для приготовления сплавов, содержащих свинец.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 3778-56).

Таблица 1

Мар- ка сви- нца	Р _{св} , % не ме- нее	Примеси, % _м не более							
		Ag	Cu	Сумма As + Sb + Sn	Zn	Fe	Bi	Mg	Сумма Ca + Pb
С4	99,6	0,002	0,01	0,25	0,01	0,01	0,1	0,01	0,05

2. Механические свойства (в состоянии поставки). Механические свойства полуфабрикатов из свинца в ГОСТах не регламентируются.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 2

Растяжение			Н _в
σ_s	$\sigma_{0,2}$	δ	
1,4-1,8	0,6	30,0	5,0

2. Модуль нормальной упругости $E=1800 \text{ кг/мм}^2$ [1].

3. Модуль сдвига $G=5700 \text{ кг/мм}^2$ [1].

Свинец

С4

4. Твердость свинца в зависимости от содержания различных примесей [2].

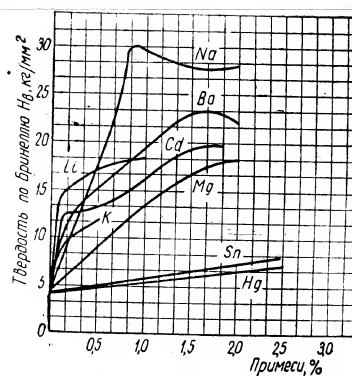


Рис. 10.

натрия составляет 0,004 г/м² час. Потеря в весе в морской воде составляет 0,017 г/м² час [2].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литейные свойства и литье.** Температура литья 1150—1200°C. Атмосфера при плавнении нейтральная или слабо окислительная. Состав смазки для изложниц: керосин — 90% и толландская сажа — 10%. Защитный покров — древесный уголь. Линейная усадка 2,1% [2].

2. **Обработка давлением.** Отлично обрабатывается в горячем и холодном состояниях. Температура горячей обработки 900—1050°C [7].

3. **Обрабатываемость резанием.** Обрабатывается резанием неудовлетворительно, лучше — в наклепанном состоянии.

4. **Термическая обработка.** Температура отжига 500—700°C. Отжиг следует вести в слабо окислительной атмосфере (восстановительная атмосфера недопустима). Температура рекристаллизации наклепанной меди 200—300°C [6].

5. **Сварка [5].** Медь марок М1, М2 и М3 удовлетворительно сваривается автоматической дуговой сваркой угольным электродом и медной проволокой под слоем флюса, аргоно-дуговой, ручной дуговой сваркой угольным электродом и ацетилено-кислородной сваркой. Контактная сварка меди промышленного применения не имеет. Тонколистовую медь и медные фольги можно сваривать точечной сваркой, однако на поверхности точек образуются вмятины и подплавления.

При автоматической сварке угольным электродом под слоем флюса применяется присадочный материал, по химическому составу близкий к основному металлу; в качестве раскислителя — ЛТ-90; флюс — ОСЦ-45.

При автоматической сварке медной проволокой под флюсом применяется флюс марки АН-20.

При аргоно-дуговой сварке применяется проволока, близкая по химическому составу к основному материалу. Основной металл и проволока должны быть хорошо раскислены.

При ручной дуговой сварке угольным электродом и газовой сварке рекомендуется применять следующий присадочный материал: при толщине до 2 мм — проволока из чистой электролитической меди, при толщине материала 3—5 мм — медная проволока с содержанием 0,2% фосфора, при толщине более 5 мм — медная проволока с содержанием 0,2% фосфора и 0,5% серебра. Флюс — прокаленная бура или 50% буры и 50% борной кислоты.

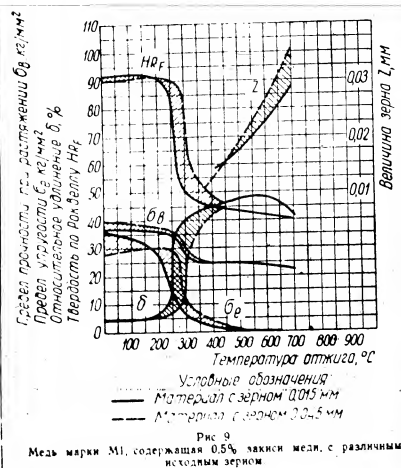
IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления прокладок, уплотнительных колец, шайб, заглушек, стопоров, заклепок, nipples, трубок маслосопроводов и маслостойников. Кроме того, медь применяется для приготовления сплавов на медной основе.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. М., Оборонгиз, 1950.
- [2] А. П. Смирлягин. Промышленные цветные металлы и сплавы. Металлургиздат, 1949.
- [3] Справочник металлурга по цветным металлам. Т. I. Металлургиздат, 1953.
- [4] М. П. Славинский. Физико-механические свойства элементов. Металлургиздат, 1952.
- [5] Данные НИИ. П/я 389.
- [6] Справочник по материалам, применяемым в судостроении. Цветные металлы. Вып. 3. Судпромгиз, 1949.
- [7] «Машиностроение». Энциклопедический справочник, Т. IV. Машгиз, 1947.

8. Механические свойства и величина зерна меди в зависимости от температуры отжига [2].



9. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [6].

Температура, °C	-183	-125	0	100	200	300	400	500	600
λ	1,190	0,998	0,926	0,903	0,891	0,880	0,867	0,855	0,845

Таблица 9

б) Коэффициент линейного расширения α [6].

Температура, °C	20	20-100	20-200	20-300	20-400	20-500	20-600
$\alpha \cdot 10^6$	16,42	16,8	17,3	17,7	17,9	18,3	18,6

Таблица 10

в) Удельное электросопротивление $\rho = 0,0156 - 0,0172 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ [6].г) Температурный коэффициент электросопротивления α , — 0,00433 [6].д) Удельный вес $\gamma = 8,93 \text{ г/см}^3$ [1].е) Теплоемкость C , $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$.

Температура, °C	-173	-73	0	100	500	800	1000	1083
C	0,0620	0,0854	0,0909	0,0952	0,1115	0,1180	0,1245	0,1272

Таблица 11

ж) Температура плавления = 1083°C [6].

з) Коэффициент трения f (при испытаниях на машине Амслера):

со смазкой 0,011;
 без смазки 0,43 [1].

10. Коррозионная стойкость. Медь обладает высокими антикоррозионными свойствами в атмосферных условиях, в пресной и морской воде [1].

Потеря в весе в 10%-ном растворе серной кислоты составляет 0,225 г/м² час. Потеря в весе в 2%-ном растворе едкого

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

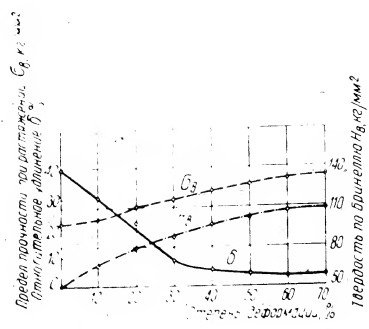


Рис 7
Лента толщиной 35 мм из электролитической меди (1)

Медь

М1, М2, М3

7. Механические свойства и удельное электросопротивление меди марки М1 в зависимости от температуры отжига (2).

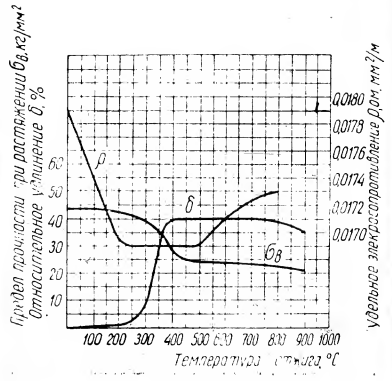


Рис 8

3. Медь, свинец и сплавы на медной основе

4. Механические свойства при низких температурах [1].

Таблица 7

Свойства	Температура испытания, °C	Медь электротехническая		Медь техническая
		прутки холоднокатаные	прутки отожженные	прутки отожженные
σ_b	-180	45	36	46
	-70	42	29	38
	+20	41	24	24
$\sigma_{0.2}$	-180	42	8,5	—
	-70	40	10,0	—
	+20	37	4,0	—
δ_5	-180	11	50	48
	-70	12	50	41
	+20	8	50	39
δ_{10}	-180	61	83	74
	-70	56	73	72
	+20	51	71	70

5. Ударная вязкость α_k , кДж/м² при низких температурах [3, 4].

Таблица 8

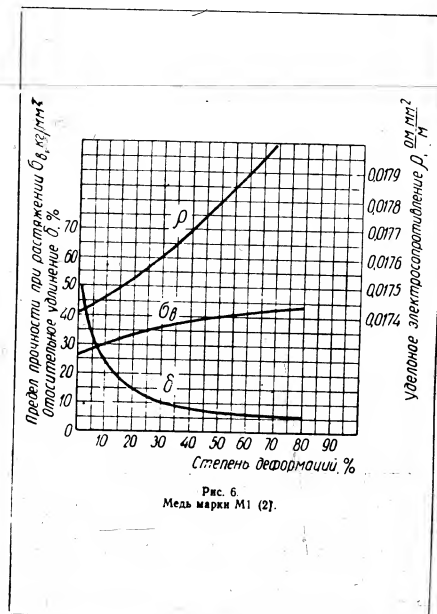
Медь марки М1		Медь марки М3				
Температура, °С						
-150	80	-203	20	-203	196	20
10,8	11	10	11	21,6	21,2	17,9

Примечание. Медь марки М3 испытывалась в отожженном виде прокатки с отжигом.

Медь

М1, М2, М3

6. Механические свойства и удельное электросопротивление меди в зависимости от степени деформации.



3. Медь, сплав и сплавы на медной основе

4. Удельное электрическое сопротивление ρ , $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ меди марки М1.

Таблица 4

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	ρ
Прутки	отожженные неотожженные	ГОСТ 1535-48 То же	0,01748 0,01790

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 5

Вид полуфабриката	Состояние материала	Растяжение					Сред. $\sigma_{\text{ср}}$	H_s
		$\sigma_{0.2}$	σ_s	σ_{10}	σ_b	ψ		
Прутки	мягкие	7	24	40	70	18	50	
То же	твердые	30	40	6	50	40	120	

2. Механические свойства вдоль и поперек волокна [1].

Таблица 6

Вид полуфабриката	Свойства материала	Вдоль волокна	Поперек волокна
Листы холоднокатаные, твердые, толщиной 1 мм	σ_s	32	34
	$\sigma_{0.2}$	31	32
	σ_p	10	11
	δ	7	4
	E	—	12 100

Медь

М1, М2, М3

3. Механические свойства меди марки М1 при повышенных температурах [2].

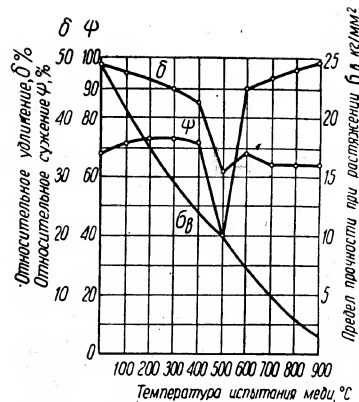


Рис. 5.

3 Медь, сплавы и сплавы на медной основе

2 Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	δ, %	
			δ ₅	δ ₁₀
			не менее	
Листы холоднокатаные	мягкие	ГОСТ 495-50	20	30
	твердые		30	3
Листы горячекатаные	горячекатаные	то же	20	30
Ленты	мягкие	ГОСТ 1173-49	21	30
	твердые		30	3
Прутки тянутые диаметром 5 - 40 мм	мягкие	ГОСТ 1535-48	20	38
	твердые		27	6
Прутки прессованные диаметром 14 - 120 мм	без термической обработки	то же	20	30
Прутки катаные диаметром 35 - 100 мм	то же		25	8
Трубы тянутые и прессованные	мягкие	ГОСТ 617-53	21	35
Проволока	наклепанная 5-12%	ГОСТ 770-41	24	15

Примечания 1 Ленты толщиной до 0,5 мм испытанию на растяжение не подвергаются.

2 При испытании проволоки берется образец длиной $l = 100$ мм.

3 Проволока испытывается на расклевываемость. При испытании в проволоке не должно образовываться трещины и не должно обнаруживаться раскрытия закатов, усов и других дефектов.

Медь

M1, M2, M3

3. Испытание на глубину продавливания (по Эриксену) листов и лент (в состоянии поставки).

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Испытание по Эриксену	
			радиус пуансона, мм	глубина продавливания, мм, не менее
Листы холоднокатаные толщиной 0,4-0,5 мм	Мягкие	ГОСТ 495-50	10	8
Листы холоднокатаные толщиной 0,6-1,1 мм	То же	То же	10	9
Листы холоднокатаные толщиной 1,2-1,5 мм	"	"	10	10
Ленты толщиной 0,10-0,15 мм	"	ГОСТ 1173-49	10	7,5
Ленты толщиной 0,18-0,25 мм	"	То же	10	4
Ленты толщиной 0,3-0,55 мм	"	"	10	3,8
Ленты толщиной 0,6-1,1 мм	"	"	10	9,0
Ленты толщиной 1,2-1,5 мм	"	"	10	4,0
			10	9,5
			10	10,0

Примечания 1 Листы и ленты твердые испытанию по Эриксену не подвергаются.

2 Листы и ленты мягкие толщиной более 1,5 мм испытанию по Эриксену не подвергаются.

3 Ленты шириной до 90 мм испытываются по Эриксену пуансоном с радиусом 4 мм, ленты шириной 90 мм и более — пуансоном с радиусом 10 мм.

МЕДЬ М1, М2, М3

Основное назначение: медь марки М1 применяется для изготовления проводников тока и уплотнительных устройств, для приготовления высококачественных сплавов на медной основе.

Медь марки М2 применяется для изготовления ответственных деталей типа трубопроводов, прокладок и т. п., а также для приготовления высококачественных сплавов на медной основе, обрабатываемых давлением.

Медь марки М3 применяется для изготовления литейных сплавов на медной основе.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 859-41).

Таблица 1

Марка	Cu, % не менее	Содержание примесей, %, не более										сумма всех примесей
		Bi	Sb	As	Fe	Ni	Pb	Sn	S	O	Zn	
М1	99,90	0,0020	0,002	0,002	0,005	0,002	0,005	0,002	0,005	0,06	0,005	0,1
М2	99,70	0,0020	0,005	0,01	0,05	0,2	0,01	0,05	0,01	0,1	—	0,3
М3	99,50	0,0030	0,05	0,05	0,05	0,2	0,05	0,05	0,01	0,1	—	0,5

Примечания: 1. Содержание серебра включается в содержание меди.

2. В медь, поставляемой в виде слитков, допускается:

а) для марки М2 — никеля не более 0,4% за счет соответствующего уменьшения меди, свинца не более 0,025% за счет общей суммы примесей.

б) для марки М3 — никеля не более 0,6% за счет соответствующего уменьшения меди.

Таблица 12 (продолжение)

Условное обозначение термической обработки	Температура нагрева, °C	Выдержка, час	Охлаждение
T4 - закалка	410—420	не менее 16	На воздухе
T6 - закалка и старение	410—420 170—180	не менее 16 16	На воздухе На воздухе

Примечания. 1. При содержании цинка выше 1% (МЛ6-2) температура нагрева под закалку снижается до 405°С.

2. Для крупных деталей с массивными сечениями во избежание выплывания легкоплавкой составляющей в процессе нагрева сплава под закалку рекомендуется проводить нагрев в два этапа: а) нагрев до 360—370°С с выдержкой при этой температуре 3 ч; б) подъем температуры до 410—420°С с выдержкой при этой температуре 14—20 ч.

4. Свариваемость. Для исправления дефектов литья применяется газовая и аргоно-дуговая сварка.

При использовании для газовой сварки флюсов, содержащих хлористые соли, имеется опасность коррозии при попадании флюса в металл. Применение флюсов, не содержащих хлористых солей, требует большого навыка в работе сварщика и снижает механические свойства мест сварки.

Аргоно-дуговая сварка дает лучшие результаты, чем газовая. В качестве присадочного материала применяются прутки из сплава МЛ6.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сплав МЛ6 используется для изготовления средненагруженных и высоконагруженных деталей машин, приборов и арматуры.

ИСТОЧНИКИ

- (1) К. И. Портной и А. А. Лебедев. Магнелиевые сплавы (справочник). М. Металлургиздат, 1962.
- (2) Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. М. Оборонгиз, 1960.

3. МЕДЬ, СВИНЕЦ И СПЛАВЫ НА МЕДНОЙ ОСНОВЕ

6. Модуль сдвига G , кг/мм² [1].

Таблица 8

Марка сплава	Состояние материала	G
МЛ6-1 (до 1 % Zn)	литой	1630
	термически обработанный	
	по режиму Т4	1670
	по режиму Т6	1670
МЛ6-2 (свыше 1 % Zn)	термически обработанный по режиму Т4	1565

7. Коэффициент Пуассона (для МЛ6-2, термически обработанного по режиму Т4) $\mu = 0,34$ [1].

8. Физические свойства [1].

- а) Теплопроводность (при 100—300°C) $\lambda = 0,18 \frac{\text{ккал}}{\text{см.сек.град.}}$
 б) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 9

Интервал температур, °C	20—100	20—200	20—300
$\alpha \cdot 10^6$	26,1	27,3	27,7

в) Удельное электрическое сопротивление $\rho = 0,16 \frac{\text{Ом.мм}^2}{\text{м}}$

г) Удельный вес γ , г/см³

Таблица 10

Метод литья	γ
Литье в землю	1,82
Литье в кокиль	1,83

д) Теплоемкость (20—100°C) $C = 0,25 \frac{\text{ккал}}{\text{г.град.}}$

е) Скрытая теплота плавления $Q = 70 \frac{\text{ккал}}{\text{г}}$

ж) Критические точки:

Таблица 11

Марка сплава	Начало кристаллизации, °C	Конец кристаллизации, °C
МЛ6-1 (до 1 % Zn)	600	440
МЛ6-2 (свыше 1 % Zn)	600	415

9. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях коррозионная стойкость отливок в окисленном состоянии удовлетворительная.

Включения литейных шлаков, рыхлоты и прочие несплошности нарушают защитные покрытия и вызывают резкое ухудшение коррозионной стойкости сплава.

Сплав подвергается окислению по инструкции ВИАМ № 135-46 и окраске по инструкции ВИАМ № 159-47.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Температура литья 690—900°C. Линейная усадка — 1,1—1,2%. Для измельчения структуры применяется перегрев металла при температуре 850—900°C или модифицирование углеродсодержащими солями при температуре 730—780°C. Литейные свойства хорошие. Жидкотекучесть повышенная. Сплав менее склонен к образованию микропористости, рыхлотам и горячим трещинам, чем сплав МЛ4.

Плавка и отливка сплава МЛ6 требует специально оборудованных литейных и ряда мероприятий, предупреждающих возгорание расплавленного металла.

2. Обрабатываемость резанием отличная. Обработка резанием требует ряда мероприятий, предупреждающих самовозгорание стружки и взрыв пыли.

3. Термическая обработка.

Таблица 12

Условное обозначение термической обработки	Температура нагрева, °C	Выдержка, час	Охлаждение
T2 — отжиг	170—250	3—5	С печью

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Марка сплава	Состояние материала	$\sigma_{0.2}$	σ_s	δ_{10}	ψ	α_k	H_b
МЛ6-1 содержание цинка до 1%	литой	10	16	1,5	2,5	0,2	55
	термически обработанный по режиму Т4	8	24	9	12	0,3	60
	термически обработанный по режиму Т6	12	25	2	3	0,15	80
МЛ6-2 содержание цинка свыше 1%	литой	10,5	16	2	2	0,2	55
	термически обработанный по режиму Т4	12,5	27,5	9	9	0,25	69
	термически обработанный по режиму Т6	15	26	2	2	0,15	85

2. Механические свойства на образцах, вырезанных из деталей, отлитых в землю [1].

Таблица 4

Состояние материала	Механические свойства						
	$\sigma_{0.2}$	σ_s	δ_{10}	ψ	α_k	H_b	среднее
литой	13,0	0,5	18,0	2,5	15,0	1,0	
Термически обработанный	по режиму Т4	16,0	2,0	27,0	14,0	22,5	7,5
	по режиму Т6	16,0	2,0	24,0	5,0	22,5	2,0

3. Механические свойства при повышенных температурах [1].

Таблица 5

Состояние материала	Температура испытания, °C	Свойства			
		$\sigma_{0.2}$	σ_s	δ_{10}	H_b
Литой в землю	100	9,0	16,0	3,5	62
	150	8,5	15,0	5,0	56
	200	8,5	13,5	8,0	45
	250	7,0	11,0	9,0	30
	300	—	8,0	10,0	20

4. Механические свойства при температуре —70°С [2].

Таблица 6

Вид обработки	Состояние материала	σ_s	δ_{10}	ψ	α_k
Отдельные образцы	литой в землю и в кокиль, без термической обработки	15,5	1,0	1,5	0,1
	литой в землю и в кокиль, после закалки	27,0	7,0	8,5	0,3
	литой в землю и в кокиль, после закалки и старения — Т6	27,5	2,0	2,5	0,1
	литой в землю и в кокиль, после закалки и старения — Т6	27,5	2,0	2,5	0,1

5. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 7

Марка сплава	Состояние материала	E
МЛ6-1 (до 1% Zn)	литой	4400
	термически обработанный по режиму Т4	4500
	термически обработанный по режиму Т6	4500
МЛ6-2 (свыше 1% Zn)	литой	4450
	термически обработанный по режиму Т4	4200

2. Литейные алюминиевые и магниевые сплавы

4. **Свариваемость.** Для исправления дефектов литья применяется газовая и аргоно-дуговая сварка. При использовании для газовой сварки флюсов, содержащих хлористые соли, имеется опасность коррозии при попадании флюса в металл. Применение флюсов, не содержащих хлористых солей, требует большого навыка в работе сварщика; при этом снижаются механические свойства в местах заварки.

Аргоно-дуговая сварка дает лучшие результаты, чем газовая.

В качестве присадочного материала применяются прутки из сплава МЛ5.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сплав МЛ5 применяется для отливки высоконагруженных деталей сложной конфигурации.

Сплав МЛ5 в ряде случаев может быть заменителем алюминиевых сплавов АЛ2, АЛ4, АЛ5 и др.

ИСТОЧНИКИ

1. К. Н. Портной и А. А. Лебедев. Магниевые сплавы (справочник) М. Металлургиздат, 1952.
2. Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. М. Оборонгиз, 1960.

ЛИТЕЙНЫЙ МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ С АЛЮМИНИЕМ И ЦИНКОМ МЛ6

Основное назначение: изготовление деталей различного назначения.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 2856-55).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, %, не более			
	Al	Zn	Mn	Mg	Si	Cu	Fe	Ni	Всего примесей
МЛ6	9,0—10,2	0,6—1,2	0,1—0,5	остаток	0,25	0,1	0,08	0,01	0,5

Примечание. В общей сумме примесей допускается бериллий (не более 0,01%) и кальций (не более 0,1%).

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее		
			σ_s	δ_s	H_b
Отливо-образцы	Без термической обработки	ГОСТ 2856-55	15	1	50
	После гомогенизации с закалкой на воздухе (T4)	То же	22	4	60
	После гомогенизации с закалкой на воздухе и старения (T6)	.	22	1	65
	После гомогенизации с закалкой в воде и старения (T61)	.	23	1	65

Примечание. Для предела текучести (σ_s) устанавливаются следующие факкультативные значения при термической обработке по режиму T4 — 11 кг/мм², при термической обработке по режиму T6, T61 — 14 кг/мм².

8. Физические свойства [1].

а) Теплопроводность (при 100—300°С) $\lambda = 0,185 \frac{\text{ккал}}{\text{см.сек.град}}$

б) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 10

Интервал температур, °С	20—100	20—200	20—300
$\alpha \cdot 10^6$	22,29	24,81	29,04

в) Удельное электросопротивление $\rho = \frac{\text{ом.мм}^2}{\text{м}}$

Таблица 11

Температура, °С	20	100	200	300	400
ρ	0,141	0,152	0,170	0,172	0,202

г) Удельный вес γ , г/см³

Таблица 12

Метод литья	γ
Литье в песчаные формы	1,61
Литье в кокиль	1,62
Литье под давлением	1,60

д) Теплоемкость (при 20—100°С) $C = 0,25 \frac{\text{кал}}{\text{г.град}}$

е) Скрытая теплота плавления $Q = 70 \text{ кал/г}$

ж) Критические точки

начало кристаллизации 602°С
конец кристаллизации 445°С

9 Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях коррозионная стойкость отливок в окисленном состоянии удовлетворительная.

Включения литейных шлаков, рыхлоты и прочие несплош-

ности нарушают защитные покрытия и вызывают резкое ухудшение коррозионной стойкости сплава.

Окислирование производится по инструкции ВИАМ № 136-46 и окраска по инструкции ВИАМ № 159-47.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Температура литья 690—800°С. Линейная усадка 1,1—1,3%. Литейные свойства сплава хорошие. Жидкотекучесть сплава хорошая, что позволяет отливать сложные по конфигурации тонкостенные детали. Плавку сплава проводят под флюсом для защиты от соприкосновения с воздухом и во избежание возгорания. Добавка к сплаву небольших количеств бериллия (0,001—0,002) значительно понижает окисляемость сплава в жидком состоянии. Измельчение зерна в сплаве МЛ5 можно достигнуть введением в расплав: а) хлорного железа; б) содержащих углерод материалов; в) специальных металлических присадок; г) перегревом.

Сплав МЛ5 несколько менее склонен к горячим трещинам, микропористости и рыхлотам, чем сплав МЛ4.

Плавка и отливка сплава МЛ5 требует специально оборудованных литейных и ряда мероприятий, предупреждающих возгорание расплавленного металла.

2. Обрабатываемость резанием отличная. Обработка резанием требует ряда мероприятий, предупреждающих самовозгорание стружки и взрыв пыли.

3. Термическая обработка [1].

Таблица 13

Условное обозначение режима термической обработки	Температура нагрева, °С	Выдержка, час	Охлаждение
T2 — отжиг	170—250	3—5	С печью
T4 — закалка	410—420	12—16	На воздухе
T6 — закалка и старение	410—420	12—16	На воздухе
	170—180	16	На воздухе

Примечание. Для крупных деталей с массивными сечениями во избежание выпадения легкоплавкой составляющей в процессе нагрева сплава под закалку рекомендуется проводить нагрев в два этапа: а) нагрева до 370—380°С с выдержкой при этой температуре 3 ч; б) подъем температуры до 410—420°С с выдержкой при этой температуре 14—20 ч.

3. Механические свойства в зависимости от толщины сечения отливок [1].

Таблица 5

Состояние материала	Механические свойства	Диаметр заготовки, мм			
		15	30	45	60
Термически обработанный по режиму Т4	σ_b	25,5	21,5	17,5	14,0
	δ_5	10,0	6,0	4,5	2,5
	сохранение прочности, %	100	84,0	68,5	55,0

4. Механические свойства при повышенных температурах [1].

Таблица 6

Вид полуфабриката	Состояние материала	Температура испытания, °C	Свойства			
			$\sigma_{0,2}$	σ	δ_5	H_b
Сплавы алюминия и магния	литой в землю	100	7,5	23,5	10,5	56,0
		150	6,0	20,5	13,5	55,0
		200	5,5	14,0	14,0	43,0
		250	4,5	11,0	13,5	32,0
		300	—	9,0	15,0	—
	литой в печь	50	9,0	16,5	5,0	58,0
		100	8,5	15,5	6,0	56,0
		150	7,5	14,0	10,0	50,0
		200	5,5	12,5	20,0	40,0
		250	5,0	9,0	22,0	30,0
Сплавы алюминия и магния	литой в землю	300	4,0	7,0	23,0	18,0
		50	8,0	18,5	3,0	60,0
		100	7,5	17,5	5,0	58,0
		150	6,0	15,0	6,5	54,0
		200	5,5	12,0	8,0	43,0
	литой в печь	250	5,0	9,0	9,0	30,0
		300	4,5	7,5	10,0	18,0

5. Механические свойства при низких температурах [2].

Таблица 7

Вид полуфабриката	Состояние материала	Температура испытания, °C	σ_b	δ_5	ψ	a_k
Отдельно отлитые образцы	литой в землю после заливки и старения	-40	23	4	6	0,3
		-70	25	4	6	0,3
		-196	25	2	4	0,2

6. Модуль нормальной упругости E , кг/мм².

Таблица 8

Состояние материала		E
Литой в землю		4000
Термически обработанный	по режиму Т2*	4000
	по режиму Т4	4167
	по режиму Т6	4100
	по режиму Т8	4100

* Отжиг Т2 для по режиму нагрев при 300°С в течение 4 ч, охлаждение с печью.

7. Модуль сдвига G , кг/мм² [1].

Таблица 9

Состояние материала		G
Литой в землю		1480
Термически обработанный	по режиму Т2*	1480
	по режиму Т4	1600
	по режиму Т6	1600

* Отжиг Т2 для по режиму нагрев при 300°С в течение 4 ч, охлаждение с печью.

ЛИТЕЙНЫЙ МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ С АЛЮМИНИЕМ, ЦИНКОМ И МАРГАНЦЕМ МЛ5

Основное назначение: изготовление отливок высоконагруженных деталей сложной конфигурации.

1. Свойства по ТУ и ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 2856-55)

Таблица 1

Элемент	Основной компонент, %								Примеси, не более
	Al	Si	Mg	Fe	Ni	Cu	Ca	Na	
МЛ5	7,5-9,0	0,2-0,8	1,1-1,3	0,1-0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5

Примечание: В общей сумме примесей допускается берил не более 0,01%, и калий (не более 0,1%).

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид отливки	Состояние	Источники	Механические свойства		
			σ_b	$\sigma_{0,2}$	δ_5
Литая	по ТУ	ГОСТ 2856-55	15	2	50
Средние и мелкие детали	по ТУ	ГОСТ 2856-55	15	2	50
Средние и мелкие детали	по ТУ	ГОСТ 2856-55	15	2	50
Средние и мелкие детали	по ТУ	ГОСТ 2856-55	15	2	50

Литейный магниевый сплав с алюминием, цинком и марганцем

МЛ5

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала		σ_b	$\sigma_{0,2}$	δ_5	ψ	a_k	H_v
Литой в землю		9,5	16,0	3,0	4,0	—	50
Термически обработанный	по режиму Т2*	8,0	15,0	5,0	6,0	0,2	60
	по режиму Т4	8,6	23,5	9,0	15,0	0,9	62
	по режиму Т6	12,0	24,0	6,0	8,4	0,2	78

* Отжиг Т2 дан по режиму: нагрев при 300°С в течение 4 ч; охлаждение с печью.

2. Механические свойства на образцах, вырезанных из деталей [1].

Таблица 4

Метод испытания	Размеры деталей	Состояние материала	Механические свойства					
			минимальные		максимальные		средние	
			σ_b	$\sigma_{0,2}$	δ_5	ψ	a_k	H_v
Литой в землю	Крупные детали (вес каждой детали более 12 кг, толщина стенок более 20 мм)	антот	12,0	1,5	18,5	4,0	14,5	2,0
	по режиму Т4	термически обработанный	13,5	2,0	25,5	11,0	19,0	6,0
	по режиму Т6	термически обработанный	14,0	1,0	25,5	5,0	19,0	3,0
Литой в землю	Средние и мелкие детали (вес каждой детали до 7 кг, толщина стенок до 20 мм)	антот	13,5	1,5	20,0	5,0	15,5	2,5
	по режиму Т4	термически обработанный	15,0	2,5	27,0	14,0	22,0	7,0
	по режиму Т6	термически обработанный	15,0	1,5	27,0	6,0	22,5	3,0

Литейные и механические и численные свойства

в) Удельное электросопротивление ρ $\frac{\text{ОМ} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

Таблица 8

Температура, °С	20	100	200	300	400
ρ	0,090	0,106	0,120	0,133	0,150

г) Удельная теплоемкость c $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot ^\circ\text{С}}$

д) Теплоемкость (при 20–100°С) C $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot ^\circ\text{С}}$

е) Скрытая теплота плавления Q $\frac{\text{кал}}{\text{г}}$

ж) Критические точки:

температура кристаллизации 628°С
температура кристаллизации 561°С

7. **Коррозионная стойкость.** В атмосферных условиях коррозионная стойкость отливок в окисленном состоянии удовлетворительная.

Водородные литейные сплавы, содержащие 9% цинка, нестойки к воздействию защитных покрытий и вызывают резкое ухудшение коррозионной стойкости отливок.

Сплав подвергается окислению по инструкции ВИАМ № 135-46 и окраске по инструкции ВИАМ № 159-47.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Литейные свойства и литье.** Температура литья 690–800°С. Линейная усадка 1,6%. Литейные свойства низкие. Жидкотекучесть низкая. Сплав имеет повышенную склонность к горячим трещинам. Герметичность и плотность отливок простой конфигурации повышенные. Сплав мало склонен к образованию пористости. Термобработкой сплав не упрочняется и имеет высокие механические свойства в сыром состоянии.

Отливки из сплава МЛЗ требуют специально оборудованных литейных и ряда мероприятий, предупреждающих коррозию расплавленного металла.

2. **Обрабатываемость резанием стальной.** Обработка резанием сплава МЛЗ требует ряда мероприятий, предупреждающих самовоспламенение стружки и взрыв пыли.

3. **Свариваемость.** Для исправления дефектов литья применяется газовая и аргоно-дуговая сварка.

Литейный магниевый сплав с алюминием и цинком

МЛЗ

3. **Свариваемость.** Для исправления дефектов литья применяется газовая и аргоно-дуговая сварка.

При использовании для газовой сварки флюсов, содержащих хлористые соли, имеется опасность коррозии при попадании флюса в металл. Применение флюсов, не содержащих хлористых солей, требует большого навыка в работе сварщика; при этом снижаются механические свойства мест сварки.

Аргоно-дуговая сварка дает лучшие результаты, чем газовая.

В качестве присадочного материала применяются прутки из сплава МЛЗ.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления отливок средненагруженных простых по конфигурации деталей, от которых требуются повышенная плотность и герметичность.

ИСТОЧНИКИ

1) Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. М.: Оборонгиз, 1960.
2) К. И. Портной и А. А. Лебедев. Магниево-цинковые сплавы (составитель М. Металлургиздат, 1962).

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1]

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние материала	$\sigma_{0.2}$	σ_b	δ_{10}	ψ	α_k	H_b
Отливо-отлитые образцы	литой в землю без термической обработки	5,5	18,0	8,0	11,0	0,5	45,0

2. Механические свойства на образцах, выровненных из деталей [2]

Таблица 4

Состояние на термизации	Характеристика отливки	Свойства					
		минимальное	максимальное	наиболее частотное		наиболее частотное	
		$\sigma_{0.2}$	σ_b	δ_{10}	ψ	α_k	H_b
Литой в землю	толщина и металл литые с толщиной стенок до 10 мм	14,0	4,0	18,5	11,0	16,0	6,0
	среднее литые с толщиной стенок до 20 мм	12,5	4,0	17,5	8,0	12,0	6,0
	крупные литые с толщиной стенок свыше 20 мм	12,0	3,5	15,0	4,5	10,0	4,0
Литой в землю и среднее	литой в землю	14,0	4	20,0	12	17,5	7,0

3. Механические свойства в зависимости от толщины сечения отливки [2]

Таблица 5

Состояние материала	Свойства	Диаметр заготовки, мм			
		15	30	45	60
Литой в землю	$\sigma_{0.2}$	16,5	14,0	14,5	13,0
	σ_b	10,0	8,5	8,5	8,0
	сохранение прочности в %	100,0	85,0	88,0	79,0

4. Механические свойства при повышенных температурах [1]

Таблица 6

Состояние материала	Температура испытания, °C	Свойства			
		$\sigma_{0.2}$	σ_b	δ	H_b
Литой в землю без термической обработки	100	16	5	11	35
	150	14	5	12	35
	200	11	4,5	13	30
	250	8	4	10	24

5. Модуль нормальной упругости (для литого в землю материала) $E = 4300 \text{ кг/мм}^2$ [2]

6. Физические свойства [2]

а) Теплопроводность (от 100 до 300°C) $\lambda = 0,25 \frac{\text{кал}}{\text{см. сек. град}}$

б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 7

Интервал температур, °C	20—100	20—200
$\alpha \cdot 10^{-6}$	25,0	27,0

Литейные алюминиевые и магниевые сплавы

в) Удельный вес $\gamma = 2,60 \text{ г/см}^3$

г) Критические точки:

начало кристаллизации 650°C
конец кристаллизации 550°C

7 Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях удовлетворительная. Для повышения устойчивости применяется анодирование по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) или окраска по грунту АЛ-4. В отапливаемом складе может храниться без покрытий.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1 Литейные свойства и литье. Температура литья $680-730^\circ\text{C}$. Линейная усадка $1,0-1,3\%$. Литейные свойства удовлетворительные. Жидкотекучесть хорошая. Сплав обладает склонностью к окислению и газонасыщению, поэтому плавку рекомендуется проводить под флюсом или без флюса, но с обязательным хлорированием перед разливкой. Хлорирование производится с целью дегазации сплава и избежания окисных пленок и включений. Требуется применение защитных присадок к формовочной смеси (2-3% борной кислоты) во избежание реакции металла с кислотой в момент заливки. Необходимо применять усиленное питание отливок, так как сплав склонен к усадочной пористости.

2 Обрабатываемость резанием отличная, сплав хорошо полируется.

3 Термической обработке сплав не подвергается.

4 Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается дуговой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сваркой.

При перегреве при сварке металла с повышенной газонасыщенностью, особенно в случае отливок из нехлорированного металла, в переходной зоне часто наблюдаются межкристаллитные пустоты, которые служат причиной негерметичности сварного соединения. Рекомендуется присадочные материалы: проволока марок АМг5В, АМг5В (ГОСТ 7871-56) или литые стержни из сплава АЛ13.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления фасонных деталей, приваривающихся к массивам из алюминиево-магнелиевых сплавов и работающих в коррозионной среде или при повышенных температурах.

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструктивные материалы. Т. I. М. Оборонгиз, 1960.
2. Данные НИИ П. в 989.

ЛИТЕЙНЫЙ МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ С АЛЮМИНИЕМ И ЦИНКОМ МЛЗ

Основное назначение: изготовление деталей несложной конфигурации, требующих повышенной герметичности.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 2856-55).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %						Примеси, %, не более		
	Al	Zn	Mn	Mg	Si	Cu	Fe	Ni	всего примесей
МЛЗ	2,5-3,5	0,3-1,0	0,15-0,3	сталь-808	0,25	0,10	0,08	0,01	0,5

Примечание. В общей сумме примесей допускается бериллий (не более 0,01%) и кальций (не более 0,1%).

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Риз. полуфабриката	Состояние поставки	Источники	σ_s	σ_b	H_b
			кг/мм ²		
Стандартные отливки образцы	без термической обработки	ГОСТ 2856-55	16	6	40

Литейные алюминиево-кремниевые сплавы

6. Физические свойства:

- а) Теплопроводность $\lambda = 0,36 \frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [1].
- б) Коэффициент линейного расширения α [1].

Таблица 6

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	23,1	23,9	23,2

- в) Электропроводность K (в % к электропроводности меди) [2].

Таблица 7

Состояние материала	K
---------------------	-----

Закаленный	35
Закаленный и состаренный	36
Закаленный и состаренный при повышенной температуре	43

- г) Удельный вес $\gamma = 2,68 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ [1].

- д) Теплоемкость $C_p = 0,21 \frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ [1].

- е) Критические точки:
- | | |
|----------------------------|-------|
| температура кристаллизации | 577°C |
| температура плавления | 597°C |

7. Коррозионные свойства. В атмосферных условиях умеренно устойчив. При длительном контакте с морской водой и АМТ не подвергается коррозии.

8. Анодирование производится по РММ-750-56 в соответствии с ГОСТ 288-54.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Температура литья 660—700°C. Линейная усадка 0,9—1,1%, объемная усадка 4,8%. Литейные свойства хорошие по сравнению со сплавом АЛ4. Жидкотекучесть также удовлетворительная. Герметичность хорошая. Сплав склонен к газовой пористости. Для получения плотного литья необходимо применять вакуумную плавку. Литье в шихту.

2. Обрабатываемость резанием хорошая.

55

Литейный алюминиево-кремниевый сплав с медью и магнием

АЛ5

3. Термическая обработка.

Таблица 8

Условное обозначение режимов термической обработки	Закалка			Старение или отпуск		
	температура нагрева, °C	выдержка, ч. не менее	охлаждающая среда, темп. среды, °C	температура нагрева, °C	выдержка, ч. не менее	охлаждающая среда
T1	—	—	—	175—185	15	воздух
T5	520—530	4	вода 51—100	175—185	5	То же
T7	520—530	4	вода 50—100	225—235	5	—

Режимы T1 и T5 применяются для повышения прочности и твердости. Повышение относительного удлинения достигается применением режима T7.

4. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сваркой.

Рекомендуется марка присадочного материала АЛ5.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сплав АЛ5 применяется для отливки крупных нагруженных деталей (корпуса, блоки, картеры).

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. М., Оборонгиз, 1950.
2. «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. М., Машгиз, 1947.

4. Модуль сдвига (для образцов, отлитых в землю)
 $G = 27 \cdot 10^9$ дин/см²

5. Коэффициент Пуассона для образцов, отлитых в зем-
 $\mu = 0,3$

4. Модуль сдвига G , кг/мм² [1]

Таблица 6

Состояние материала	G
Литой в землю, модифицированный, после закалки и старения	2700
Литой под давлением	2800

5. Коэффициент Пуассона (для образцов, отлитых в землю и под давлением) $\mu = 0,33$ [1]

6. Физические свойства [1]

- а) Теплопроводность $\lambda = 0,38$ ккал/см сек град
б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 7

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^{-6}$	21,7	22,5	23,5

в) Электропроводность (в % к электропроводности меди) $\sigma = 37$

г) Удельный вес $\gamma = 2,65$ г/см³

д) Теплоемкость c при 100 °C $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$

е) Критические точки

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях удовлетворительная

Для повышения коррозионной стойкости, в частности при работе в АЛП-1 или аналогичном (по РМО 750-56) в соответствии с НО 288-54) сплав АЛ4 может подвергаться глубокому анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 271-54). В условиях отапливаемого склада может храниться без покрытия

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Литейные свойства хорошие. Температура литья 690—730°С. Линейная усадка 0,8—1,1%. Высокая жидкотекучесть позволяет отливать детали сложной конфигурации. Сплав не склонен к усадочным горячим трещинам. Герметичность сплава хорошая. Для обеспечения требуемых механических свойств сплав подвергается модифицированию двойной смесью солей $1/3\text{NaCl} + 2/3\text{NaF}$ при температуре 780—800°С или тройной смесью солей 40% NaCl, 45% NaF и 15% KCl при 725—750°С. Сплав предрасположен к газовой пористости. Для борьбы с пористостью в крупных отливках нужно применять кристаллизацию под давлением в автоклавах.

При повышенной газонасыщенности и наличии включений производится хлорирование сплава перед модифицированием. Примесь железа в сплаве (свыше допустимого ГОСТом) резко снижает пластические свойства. При содержании магния в сплаве свыше 0,23—0,25% (ближе к верхнему пределу по ГОСТ 2685-53) относительное удлинение снижается.

2. Обрабатываемость резанием плохая.

3. Термическая обработка.

Таблица 8

Условные обозначения режимов термической обработки	Закалка			Старение или отпуск		
	температура нагрева, °C	выдержка, ч, не менее	охлаждающая среда	температура нагрева, °C	выдержка, ч, не менее	охлаждающая среда
T1	—	—	—	170-180	15	воздух
T6	530-540	2-6	вода 50-100	170-180	15	воздух

4. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сваркой.

Рекомендуемые припайные материалы — проволока марки АК (ГОСТ 7571-56) или литые стержни из сплава АЛ1.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления крупных деталей, работающих в статических и средних нагрузках.

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по алюминиевым материалам. Конструктивные материалы. Т. 2. М.: Оборонгиз, 1955.
2. Данные НИИ П-485.

Литейные алюминиевые и магниевые сплавы

1. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сваркой. Рекомендуемые присадочные материалы — проволока марки АК (ГОСТ 5871-56) или литые стержни из сплава АЛ12.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей сложной конфигурации на предприятиях, работающих на валовом производстве агрегатов и приборов.

Свойства

1. Свойства по ГОСТ 2685-53.

ЛИТЕЙНЫЕ АЛЮМИНЕВО-КРЕМНИЕВЫЕ СПЛАВЫ
С МАГНИЕМ И МАРГАНЦЕМ АЛ4

Основное назначение — изготовление литых деталей высокой и средней нагружаемости.

Свойства по ГОСТ 2685-53

Свойства по ГОСТ 2685-53).

Таблица 1

Примеси, %, не более					
Fe	Zn	Cu	Sn	Ti	сумма всех примесей
литые в кокиль	литые в кокиль	литые в кокиль	литые в кокиль	литые в кокиль	литые в кокиль
60,9	2,0	0,3	0,01	0,15	1,1
литые под давлением	литые под давлением	литые под давлением	литые под давлением	литые под давлением	литые под давлением
60,9	2,0	0,3	0,01	0,15	1,1

В некоторых случаях для повышения коррозионной стойкости при эксплуатации в агрессивных средах рекомендуется применять сплавы с содержанием Cu ≤ 0,05%, Zn ≤ 0,1%.

2. Литейные алюминий-кремниевые и магниевые сплавы

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(не входящие в ту и ГОСТы)

1. Типовые механические свойства [1]

Таблица 3

Вид полн.	Свойства материала	$\sigma_{0.2}$	σ_s	σ_b	H_b
Отливо	литой в песко-	8	18	6	55
обработанный	литой в песко- модифицированный 6 лет давлением	12	22	1,8	—

2. Механические свойства при низких и высоких температурах [2]

Таблица 4

Свойства	Свойства материала	$\sigma_{0.2}$	σ_s	σ_b	H_b
Отливо	литой в песко-	8	18	6	55
обработанный	литой в песко- модифицированный 6 лет давлением	12	22	1,8	—

- Примечание: 1. Механические свойства при низких и высоких температурах определяются по ГОСТ 10177-77.
2. Механические свойства при низких и высоких температурах определяются по ГОСТ 10177-77.
3. Механические свойства при низких и высоких температурах определяются по ГОСТ 10177-77.
4. Модуль нормальной упругости E — по ГОСТ 10177-77.
5. Модуль сдвига G — по ГОСТ 10177-77.
6. Коэффициент Пуассона μ — по ГОСТ 10177-77.
7. Физические свойства — по ГОСТ 10177-77.
8. Теплопроводность λ — по ГОСТ 10177-77.

Литейный алюминий-кремниевый сплав

АЛ2

6) Коэффициент линейного расширения α

Интервал температур, °C	20—100	20—200	20—300
$\alpha \cdot 10^6$	21,1	22,1	23,3

в) Электропроводность (в % к электропроводности меди)

г) Удельный вес $\gamma = 2,65 \text{ г/см}^3$.

д) Критические точки:

начало кристаллизации 600°C конец кристаллизации 577°C

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях удовлетворительная.

Для повышения устойчивости применяется анодирование по РМУ 750-56 (в соответствии с НО 288-54) или окраска по группам А, В, С, Д.

Для повышения износостойкости и поверхностной твердости сплав подвергается глубокому анодированию по РМУ 750-56 (в соответствии с НО 271-54).

В отпущенном состоянии может храниться без покрытий. В азотной кислоте (ГОСТ 701-41) и в ее парах при температуре -20°C вполне устойчив [3].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Литейные свойства и литье. Литейные свойства сплава хорошие. Температура литья, в зависимости от объема и конфигурации деталей, $680-730^\circ\text{C}$.Линейная усадка $0,8-1,1\%$. Жидкотекучесть высокая, что позволяет отливать детали сложной конфигурации. Малая склонность к горячим трещинам. Герметичность сплава хорошая. Сплав склонен к газовой пористости в толстых сечениях отливок. Для Сорбы с пористостью в крупных отливках необходимо применять кристаллизацию под давлением в автоклавах.Для обеспечения требуемых механических свойств сплав подвергается модифицированию двойной смесью солей NaCl и NaF при температуре $750-800^\circ\text{C}$ или тройной смесью солей $40\% \text{ NaCl}$, $45\% \text{ NaF}$ и $15\% \text{ FCl}$ при $725-750^\circ\text{C}$.

2. Обрабатываемость резанием плохая.

3. Термическая обработка сплава не приводит к упрочнению.

ЛИТЕЙНЫЙ АЛЮМИНИЕВО-КРЕМНИЕВЫЙ СПЛАВ АЛ2

Основное назначение: изготовление литых деталей сложной конфигурации и средней нагруженности.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (ГОСТ 2685-53).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %		Примеси, %, не более								
			Fe			Zn	Cu	Mn	сумма всех примесей		
	литые в землю	литые в кокиль	литые под давлением	литые в землю	литые в кокиль				литые под давлением		
	Si	Al									
АЛ2	10-13	остаточное	0,8	1,0	1,5	0,3	0,8	0,5	2,2	2,3	2,8

Примечание. В особых случаях, для повышения коррозионной устойчивости деталей при эксплуатации в агрессивных средах, содержание вредных примесей должно быть $Cu \leq 0,1\%$, $Zn \leq 0,1\%$.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_b $\sigma_{0,2}$ H_b		
			не менее		
Отдельно отлитые образцы	модифицированный, литой в землю (АЛ23М)	ГОСТ 2685-53	15	4	50
	литой в кокиль (АЛ2К)	то же	16	2	50
Образцы, вырезанные из детали	модифицированный, литой в землю (АЛ23М)	ТУОП 35-56	14	3	50
	литой в кокиль (АЛ2К)	то же	15	2	50

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

б) Режим старения.

Таблица 8

Температура старения, °C	Время выдержки, ч	Охлаждение
170—175	12	На воздухе

Примечания. 1. Время выдержки отсчитывается с момента достижения в поковках (штамповках) указанной температуры.
 2. Поковки (штамповки), нагретые выше температуры 175°С, подлежат повторной закалке.
 3. В случае перерыва в процессе старения режим старения повторяется полностью.
 5. Свариваемость. Сплав неудовлетворительно сваривается методами сварки плавлением и для сварных конструкций не применяется.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления штампованных и кованых деталей, работающих при повышенных температурах.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по авиационным материалам. Жаропрочные стали и сплавы. Т. II. М., Оборонгиз, 1960.
 [2] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. М., Машгиз, 1947.
 [3] Инструкция по ковке, штамповке и термобработке деталей из алюминиевых сплавов. П. 7-6, 1963.

2. ЛИТЕЙНЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ
И МАГНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

I. Деформируемые алюминиевые сплавы

2. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 4

Состояние материала	Температура испытания, °C	E
Прессованные прутки диаметром 14 мм после закалки и искусственно состарения Закаленный с 515 ± 5° C в воде и состаренный при 170° C в течение 16 ч (образцы вырезаны из поковки диска)	20	7370
	20	7350
	100	7200
	200	6900
	250	6400
	300	5360

3. Модуль сдвига G — 2700 кг/мм² [2].4. Коэффициент Пуассона ν — 0,33 [2].

5. Физические свойства [1].

а) Температурность α — 0,35 $\frac{\text{кг/м}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 5

Исходная температура, °C	20—100	20—200	20—300	20—400	100—200	200—300	300—400
$\alpha \cdot 10^6$	22,0	23,1	24,0	24,8	22,6	24,3	24,9

в) Удельный вес γ — 2,8 г/см³

6. Коррозионная стойкость. Сплав имеет пониженную коррозионную стойкость. Применяется с анодированием по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54).

Деформируемый сплав повышенной жаропрочности

АК4

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в горячем состоянии пониженная.

2. Обработка резанием удовлетворительная.

3. Режим нагрева перед ковкой-штамповкой [3].

Таблица 6

Температура нагрева ковки, °C	Время выдержки, мин							Температура конца ковки, °C
	Диаметр прессованной заготовки, мм				Диаметр литой заго- товки, мм			
	до 50	50—100	100—150	150—180	180—220	260—350	более 350	
450—460	15—20	20—30	30—45	45—60	60—90	180—240	240—300	400

4. Термическая обработка поковок (штамповок) [3].

а) Режим закалки.

Таблица 7

Наибольшая толщина поковки (штамповки), мм	Температура сепитры перед загрузкой, °C	Температура сепитры перед выгрузкой (допустимая температура закалки), °C	Температура воды, °C	Время выдержки, мин
до 25	516—519	515—517	15—25	75
26—50	516—519	515—517	15—25	90
51—100	516—519	515—517	15—25	120
101—150	516—519	515—517	15—25	180

Примечания. 1. Перенос поковок (штамповок) из сепитры в водную должен производиться быстро (время переноса должно быть не более 40 сек). В случае задержки более указанного времени поковки (штамповки) перекаляются.

2. При закалке с температуры ниже 515° C поковки (штамповки) перекаляются.

ДЕФОРМИРУЕМЫЙ АЛЮМИНОВЫЙ СПЛАВ ПОВЫШЕННОЙ ЖАРОПРОЧНОСТИ (КОВЧНЫЙ) АК4

Основное назначение: изготовление штампованных и кованых деталей, работающих при повышенных температурах.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %						Примеси, % не более			
	Cu	Vg	Ni	Fe	Si	Al	Zn	Mn	Pb	Свинец
АК4	1,9-2,5	1,4	1,8	1,0-1,5	1,1-1,6	0,5-1,2	ос-таб-вое	0,30,2	0,10,6	

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ, кг/см²				δ, %	H, кг/мм²
			σ _{0,2}	σ _{0,5}	σ _{1,2}	σ _{1,5}		
Штамповка	закаленные и искусственно состаренные	ГОСТ 299-50	48	50	49	100		
Кованая	то же	то же	50	52	51	100		
Прутки прессованные всех размеров	сез термическ. (ГОСТ 4784-49) и обработ. (ГОСТ 13801-67)	ГОСТ 4784-49	48	50	49	100		

Примечания: 1. При необходимости вырезать из сплава для штамповки детали, работающие в условиях повышенных температур.

Деформируемый сплав повышенной жаропрочности

АК4

испытание производится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.

2. Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.

3. Прутки всех диаметров поставляются только в термически необработанном состоянии. Механические свойства определяются на вырезанных из прутков образцах после закалки и искусственного старения.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства при повышенных температурах [1].

Таблица 3

Состояние материала	Температура, °C	σ _{0,2}	σ _{0,5}	σ _{1,2}	σ _{1,5}	Примечания
Прессованные прутки диаметром 14 мм после закалки и искусственного старения	20	—	40,0	10,9		Нагрев при температурах испытания в течение 30 мин. Испытания производились в селитровой среде
	200	—	30,5	10,3		
	250	—	—	—		
	300	—	15,7	13,6		
	350	—	10,0	34,2		
Прессованные прутки диаметром 14 мм после закалки и искусственного старения	200	—	26,9	8,0		Нагрев при температурах испытания в течение 30 мин. Испытания производились в селитровой среде
	250	—	21,2	10,7		
	300	—	8,3	26,8		
	350	—	4,3	76,0		
Закаленный с 515 ± 5°С в воде и состаренный при 170°С в течение 16 ч (образцы вырезались из поковки-диска)	20	30,3	37,1	6,1		Нагрев при температурах испытания 30 мин. Испытания производились в воздушных электрических печах
	100	30,0	36,0	6,0		
	200	30,0	33,0	6,0		
	250	21,7	—	—		
	300	9,3	11,7	11,2		

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

4. Термическая обработка поковок (штамповок) [3].
а) Режим закалки.

Таблица 10

Наибольшая толщина поковки (штамповки), мм	Температура, °С, перед загрузкой	Температура селитры перед выгрузкой (допустимая температура закалки), °С	Температура воды, °С	Время выдержки, мин
до 25	501-504	501-503	15-25	75
26-50	То же	То же	То же	90
51-100	-	-	-	120
101-150	-	-	-	180

Примечания: 1. Перенос поковки (штамповки) из селитровой ванны в воду должен производиться быстро (время переноса должно быть не более 40 сек). В случае выдержки более указанного времени поковки (штамповки) перезакаливается.
2. При закалке с температуры ниже 501°С поковки (штамповки) перезакаливается.

б) Режим старения

Таблица 11

Температура старения, °С	Время выдержки, ч	Охлаждение
135-140	10	На воздухе

Примечания: 1. Время выдержки отсчитывается с момента достижения в поковках (штамповках) указанной температуры.
2. Поковки (штамповки) нагретые выше 160°С, подлежат повторной закалке.
3. В случае перерыва в процессе старения режим старения повторяется полностью.

5. Свариваемость. Сплав неудовлетворительно сваривается методами сварки давлением и для сварных конструкций не применяется.

Дуралюмин повышенной прочности (ковочный)

АК8

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления высоконагруженных штампованных и кованных деталей.

Рекомендуется заменять сплавом АК6 ввиду большого брака по трещинам при штамповке деталей сложной формы и с неравномерными переходами.

ИСТОЧНИКИ

- 1) Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы, т. I. М., Оборонгиз, 1950.
- 2) «Машиностроение»: Энциклопедический справочник. М., Машигиз, 1947.
- 3) Инструкции по ковке, штамповке и термообработке деталей из алюминиевых сплавов. П/я 776, 1953.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

3. Механические свойства при высоких температурах [2]

Таблица 5

Свойства	Температура, °C					
	25	150	200	260	315	370
σ_b	49,5	30,5	12,0	7,0	4,5	3,0
$\sigma_{0,2}$	38,5	27,5	9,0	6,0	3,0	2,5
δ	11	14	28	32	45	55

Примечание. Время выдержки при температуре испытания определялось по наступлению истечения свойства.

4. Модуль нормальной упругости $E = 7200 \text{ кг/мм}^2$ [1]

5. Модуль сдвига $G = 2700 \text{ кг/мм}^2$ [1]

6. Коэффициент Пуассона $\mu = 0,33$ [1]

7. Физические свойства [2]

а) Температурный коэффициент

Таблица 6

Состояние материала	α
Закаленный и искусственно состаренный	0,37
Отожженный	0,47

б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 7

Интервал температур, °C	20—100	20—200	20—300
$\alpha \cdot 10^{-6}$	22,8	23,4	24,8

Дуралюмин повышенной прочности (ковочный)

АК6

в) Электропроводность K (в % от электропроводности меди)

Таблица 8

Состояние материала	K
Закаленный и искусственно состаренный	40
Отожженный	50

г) Удельный вес $\gamma = 2,80 \text{ г/см}^3$

8. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях без анодирования или окраски по грунту АЛГ-1 не применяется. Анодирование производится по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54).

Сплав обладает большой склонностью к межкристаллитной коррозии, а также склонностью к коррозионному растрескиванию под напряжением, поэтому не следует применять его для деталей с тонкими сечениями.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в горячем состоянии пониженная.
2. Обрабатываемость резанием хорошая.
3. Режим нагрева перед ковкой-штамповкой [3].

Таблица 9

Температура нагрева перед ковкой, °C	Время выдержки, мин		Температура ковки, °C
	Диаметр прессованной заготовки, мм	Диаметр литой заготовки, мм	
до 50	50—100—150—180	150—200—250—300	400
450—460	10—20—30—40—50—60—80—100—120—140—160—180—200—220—240—260—280—300	150—200—250—300	

ДУРАЛЮМИН ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ (КОВОЧНЫЙ) АК8

Основное назначение: изготовление высоконагруженных штампованных и кованых деталей.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (по ГОСТ 4784-49)

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, %, не более				
	Cu	Mg	Mn	Si	Al	Fe	Ni	Zn	прочие примеси	сумма всех примесей
АК8	3,9—4,8	0,4—0,8	0,4—1,0	0,6—1,2	остаток	0,7	0,1	0,3	0,1	1,2

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0,2}$	σ_B	H_B
Штамповки	закаленные и искусственно состаренные	НО 299-55	46	55	100	120
Покровки	То же	То же	44	—	95	120
Прутки прессованные диаметром до 22 мм	без термической обработки	ГОСТ 4784-49	45 ^{a)}	—	100 ^{a)}	—
Прутки прессованные диаметром 23—160 мм	То же	То же	46 ^{a)}	—	100 ^{a)}	—
Прутки прессованные диаметром более 160 мм	То же	То же	44 ^{a)}	—	95 ^{a)}	—

Дуралюмин повышенной прочности (ковочный)

АК8

Примечания: 1. При невозможности вырезать из поковки или штамповки вдоль направления волокна образцы стандартных размеров испытание производится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.

2. Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.

3. Прутки всех диаметров поставляются только в термически необработанном состоянии. Механические свойства определяются на вырезанных из прутков образцах после закалки и искусственного старения.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				H_B
	$\sigma_{0,2}$	σ_s	σ_B	ψ	
Закаленный и искусственно состаренный	38	49	12	25	135

2. Механические свойства отдельных полуфабрикатов (вдоль и поперек волокна) * [1].

Таблица 4

Вид полуфабриката	Состояние материала	σ_s		σ_B	
		по длине	по ширине	по длине	по ширине
Прутки диаметром 180 мм	закаленные и искусственно состаренные	44—46	40—41	8—9	1,6—2,8
Прутки диаметром 160 мм	то же	44—50	32—38	8	0,4—0,8
Прутки диаметром 40 мм	То же	51—52	—	10	—
Прутки диаметром 16 мм	То же	55—56	—	10—12	—

* Нижний предел характеризует механические свойства сердцевин прутков

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1 Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				Срез	H_b
	$\sigma_{0.2}$	σ_s	σ_{10}	σ_b	τ_{cp}	
Закаленный и естественный состаренный (Д18Т)	17	30	24	50	20—21	70
Отжигенный (Д18М)	6	16	24	—	—	38

2. Механические свойства при высоких температурах [2].

Таблица 4

Свойства	Температура, °С					
	20	100	200	260	315	370
σ_b	30	21	12	5,5	3	2
σ_s	17	15	9	4	2	1,5
τ	27	20	30	45	70	90

Примечание. Время выдержки при температуре испытания определяется при достижении постоянства свойств.

3 Модуль нормальной упругости $E = 7100 \text{ кг/мм}^2$ [1].

4 Модуль сдвига $G = 2700 \text{ кг/мм}^2$ [1].

5 Коэффициент Пуассона $\mu = 0,31$ [1].

6 Физические свойства [2].

а) Коэффициент линейного расширения α .

Интервал температур, °С	20—100	20—200	20—300
$\alpha \cdot 10^6$	22,0	23,4	24,8

б) Удельный вес: $2,75 \text{ г/см}^3$

Дуралюми повышенной пластичности

Д18П

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях мало устойчив.

В конструкцию заклепки следует ставить только анодированными по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и окрашенными грунтом АЛГ-1.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность достаточная для клепки заклепок в закаленном и естественно состаренном состоянии.

2. Обрабатываемость резанием Д18Т удовлетворительная, Д18М — пониженная.

3. Термическая обработка. Закалка производится с температуры $490-505^\circ\text{C}$ в воде; естественное старение — не менее 4 суток. Отжиг производится при $340-370^\circ\text{C}$, охлаждение на воздухе.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления заклепок для клепки конструкций из алюминиевых сплавов.

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по алюминиевым материалам. Конструкционные материалы. Т. 1 М., Оборонгиз, 1950.

2. «Машиностроение» Энциклопедический справочник. Т. IV—М., Машгиз, 1947.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 13

Толщина, мм	Ме- сец 1	Листы					
		1,1- 2,0	2,1- 3,0	3,1- 7,5	7,6- 12,5	12,6- 17,5	17,6- 25
Время выдержки, мин	10	15	20	25	32	35	42

Свариваемость. Сплав хорошо сваривается точечной сваркой и неудовлетворительно — методами сварки плавлением ввиду большой склонности к трещинообразованию.

Точечную сварку сплава рекомендуется проводить на «жестких» режимах.

При точечной сварке материала толщиной 2 мм и больше рекомендуется применять ковочное давление.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления основных силовых элементов конструкции (за исключением объемных штамповок), заклепок.

Заклепки ставятся в конструкцию в свежезакаленном состоянии (не позднее 20 мин после закалки).

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструктивные материалы. Т. I. М., Оборонгиз, 1960.
2. Данные НИИ П. 989.
3. Ф. И. Кислюк. Электрическая контактная сварка. 1960.
4. «Машинист». Энциклопедический справочник. Т. IV. М., Машгиз, 1964.

ДУРАЛЮМИН ПОВЫШЕННОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ Д18П

Основное назначение: изготовление проволоки для заклепок.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Мар- ка спла- ва	Основные компоненты, %				Примеси, %, не более				
	Cu	Mg	Al	Mn	Fe	Si	Zn	про- че при- месей	сумма всех при- месей
Д18П	2,2-3,0	0,2-0,5	остаток	0,2	0,5	0,5	0,1	0,1	1,4

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Чис- ло/мес
Проволока для заклепок	Закаленная и естествен- но состаренная (Д18Т)	АМТУ 332- 53	19*

* Величина сопротивления срезу является также расчетной для заклепок.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

6. Физические свойства [4]

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см сек град}}$

Таблица 9

Состояние материала	λ
Закаленный и естественно состаренный	0,28
Отожженный	0,45

б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 10

Интервал температур, °C	20—100	20—200	20—300
$\alpha \cdot 10^{-6}$	22,0	23,4	24,8

в) Электротехнические свойства (по ГОСТ 15150-68, электрической меди)

Таблица 11

Состояние материала	κ
Закаленный и естественно состаренный	30
Отожженный	50

г) Удельный вес γ , 2,80 г/см³

7. Коррозионная стойкость

а) Плакированные листы

В атмосферных условиях обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью

Для повышения коррозионной стойкости применяется анодирование по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) или окраска по грунту АЛГ-1

В сталеплавленном складе плакированный материал может храниться без покрытия

Дуралюмин повышенной прочности

Д16

Места с удаленной плакировкой (кромки, раззенковки точечной сварки и т. д.) должны подвергаться специальной защите.

б) Прессованный материал.

В атмосферных условиях умеренно устойчив, без анодирования или окраски не применяется.

Анодирование производится по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54), окраска по грунту АЛГ-1

Листы и прессованный материал, пригодный для анодирования, отличаются ввиду особой крупности зерна сплавления полукожурой пленки. При нагреве выше 100°С материал склонен к межкристаллитной коррозии. В закаленном и естественно состаренном состоянии склонностью к межкристаллитной коррозии не обладает

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном и естественно состаренном состоянии сплава средняя.

2. Обрабатываемость резанием сплавов Д16Т и Д16ТН удовлетворительная, Д16М — пониженная.

3. Термическая обработка. Закалка производится в воде с температуры 495—503°С; естественное старение не менее 4 сут.

Отжиг сплавов Д16Т и Д16ТН производится при температуре 350—370°С, охлаждение на воздухе.

Отжигу сплава Д16ТН должен предшествовать нагрев при температуре 450—500°С, режим отжига тот же, что и для сплавов Д16Т и Д16ТН.

Режимы выдержки под закалку в соляной ванне для различных полуфабрикатов даны в табл. 12 и 13 [2].

Таблица 12

Профиль					
Толщина полки, мм	10,3	3,1—4,0	4,1—10	10,1—25,0	>25
Время выдержки, мин	20	25	30	45	60

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 4 (продолжение)

Состояние материала	Механические свойства	Температура, °C					
		+200	+250	+300	+350	+400	+450
Закаленный и естественно состаренный	$\sigma_{0.2}$	36,0	30,4	19,6	10,0	6,9	2,8
	$\sigma_{0.1}$	24,3	22,4	18,8	8,9	6,5	2,8
	δ_{10}	21,0	8,1	6,2	8,8	11,5	18,3
Отожженный	$\sigma_{0.2}$	18,9	—	5,1	—	2,5	—
	$\sigma_{0.1}$	8,9	—	4,7	—	2,3	—
	δ_{10}	17,6	—	53,9	—	73,0	—

Примечание 1. Испытания проводились на сплаве состава: Cu=4,24, Mg=1,71, Mn=0,82, Si=0,17, Fe=0,26, Zn=0,04, Al=остальное.

2. Образцы размером 10 × 12 мм, 10 × 70 мм вырезались из листа толщиной 2 мм.

3. Модуль нормальной упругости $E \cdot 10^3$, кг/мм² [2]

Таблица 5

Состояние материала	Температура, °C					
	-193	-100	-50	-20	+200	+300
Закаленный и естественно состаренный	8,19	7,75	7,4	7,28	6,52	6,49
Отожженный	7,84	7,245	7,27	6,915	6,58	6,27

Дуралюмин повышенной прочности

Д16

4. Модуль сдвига $G \cdot 10^{-3}$, кг/мм² [2]

Таблица 6

Состояние материала	Температура, °C				
	+20	+100	+150	+200	+250
Закаленный и естественно состаренный	2,84	—	—	2,58	2,39
Отожженный	2,81	2,73	2,66	2,56	2,44

5. Механические свойства сварных соединений.

а) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез для материала Д16АТ [3].

Таблица 7

Толщина более тонкой детали в соединении, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5-6	5-6	6-8	8-10	8-10	10-12
Минимальная прочность на срез, кг	100	120*	230*	450	600	800

* Данные из [3].

б) Прочность сварных соединений при повышенных и пониженных температурах для материала Д16АТ толщиной 1,5 + 1,5 мм [2].

Таблица 8

Температура испытания, °C	-194	-100	-50	+20	+200	+300	+400
Прочность на отрыв, кг							
мин-макс	88-108	94-208	148-191	110-150	160-184	110-136	62-76
средн.	95	152	163	138	172	115	71
Прочность на срез, кг							
мин-макс	310-464	318-570	364-482	282-390	304-397	194-270	88-140
средн.	394	439	393	340	351	236	119

I Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее				
			σ_s	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}	H_b	$\sigma_{ср}$
Трубы холоднокатаные или холоднокатаные диаметром более 50 мм и толщиной стенок всех размеров	закаленные и естественно состаренные (Д16Т)	ГОСТ 4773-49	43	29	10	—	—
Трубы холоднокатаные или холоднокатаные, фасонные, всех размеров	то же	то же	43	29	10	—	—
Проволока для запяток	—	АМТ	—	—	—	—	—

Примечание:
равнинных и
прогибных
изгибах

$\sigma_s \geq 43$

$\sigma_{0,2} \geq 29$

2. Механические свойства листов после их закалки и естественного старения на воздухе при температуре $t \geq 40^\circ\text{C}$.

3. Листы поставляются в отпуске или закаленные. Механические свойства определяются на образцах, вырезанных из поверхности листа после закалки и старения.

4. Прутки прессованные имеют состояние в закаленном и состаренном или в термически обработанном состоянии. В последнем случае механические свойства определяются на вырезках из прутков образца после закалки и старения.

5. Расчетное сопротивление сжатию для закладок 25 кг/мм².

Дуралюмин повышенной прочности

Д16

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние материала	Растяжение					a_k	H_b
		σ_s	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}	ψ	$\sigma_{ср}$		
Пакировочные листы	Закаленные и естественно состаренные	42	28	18	30	—	105	—
	Отожженные	18	10	18	—	—	42	—
Остаточные полуфабрикаты*	Закаленные и естественно состаренные	46	30	17	30	3,0	105	—
	Отожженные	21	11	18	55	—	42	—

* Типичные свойства не относятся к тяжелым сечениям.

2. Механические свойства сплава при повышенных и низких температурах [2].

Таблица 4

Состояние материала	Механические свойства	Температура, °C						
		-193	-100	-74	-50	+20	+100	+150
Закаленный и естественно состаренный	σ_s	56,4	—	46,7	46,3	45,5	42,5	37,7
	$\sigma_{0,2}$	37,0	—	30,1	29,5	30,4	26,7	26,2
	δ_{10}	22,8	—	21,3	22,1	19,0	21,3	22,6
Отожженный	σ_s	31,2	23,1	—	22,0	22,0	21,3	—
	$\sigma_{0,2}$	13,8	10,6	—	19,9	10,6	10,6	—
	δ_{10}	30,9	21,3	—	20,8	19,7	16,6	—

2 Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее				
			σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_{10}	H_s	τ_{cp}
Листы неупрочненные толщиной 0,8—1,5 мм	закаленные и выдержанные при холодной прокатке (Д16АВТН, Д16АВТНС)	251АНТУ-48	48,5	36,5	11	—	—
Листы анодированные	То же	То же	48,5	36,5	10	—	—
Листы неупрочненные толщиной 3 мм	ан	—	48,5	36,5	9	—	—
Листы неупрочненные толщиной 3 мм	без термической обработки (Д16А)	АНТУ-48	43,9	28,9	7,9	—	—
Листы неупрочненные толщиной 3 мм	То же	То же	42,9	28,9	6,9	—	—
Листы неупрочненные толщиной 4 мм	—	—	41,9	27,9	5,9	—	—
Листы неупрочненные толщиной 5 мм	—	258АНТУ-55	40	30	10	—	—
Профили прессованные толщиной 8—12 мм	То же	То же	42	30	10	—	—
Профили прессованные толщиной 12—15 мм	—	—	43	31	11	—	—
Профили прессованные толщиной 15—20 мм	—	—	45	32	12	—	—
Профили прессованные толщиной более 40 мм	—	—	49	36	12	—	—

Дуралюмин повышенной прочности

Д16

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее				
			σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_{10}	H_s	τ_{cp}
Профили прессованные с толщиной полки всех размеров	отожженные (Д16М)	258АНТУ-55	не более 25	—	12	—	—
Прутки прессованные толщиной до 22 мм	закаленные и естественно состаренные (Д16Т)	ГОСТ 4783-49	40	26	12 ($t=-5d$)	—	—
Прутки прессованные толщиной от 23 до 160 мм	то же	то же	43	28	10 ($t=-5d$)	—	—
Прутки прессованные толщиной более 160 мм	—	—	42	26	8 ($t=-5d$)	—	—
Трубы прессованные толстостенные диаметром до 120 мм	—	259АНТУ-48	40	26	12	—	—
Трубы прессованные толстостенные диаметром более 120 мм	—	то же	43	28	10	—	—
Трубы холоднокатаные или холоднокатаные всех размеров	отожженные (Д16М)	ГОСТ 4773-49	не более 25	—	10	—	—
Трубы холоднокатаные или холоднокатаные диаметром до 22 мм и толщиной стенки до 1 мм	закаленные и естественно состаренные (Д16Т)	то же	42	26	13	—	—
Трубы холоднокатаные или холоднокатаные диаметром до 22 мм и толщиной стенки 1,5—2 мм	то же	—	42	26	14	—	—
Трубы холоднокатаные или холоднокатаные диаметром 22—50 мм и толщиной стенки всех размеров	—	—	43	29	12	—	—

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 9

Интервал температур, °С	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	22,0	23,4	24,8

в) Электропроводность K (в % к электропроводности меди)

Таблица 10

Состояние материала	K
Листовой и прокатный	30
Сварной	45

В атмосферных условиях уменьшения АЛП-1 не применяется АЛП-1 (в соответствии с ГОСТ 750-66).

В атмосфере имеет, но при этом чистым

1. При изготовлении и обработке в атмосфере.
2. При эксплуатации в атмосфере.
3. Температура обработки 490—510°C в воде и масле.
4. Охлаждение на воздухе.

Дуралюмин

Д1

5. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается точечной сваркой и неудовлетворительно методами сварки плавлением, ввиду большой склонности сплава к трещинообразованию.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Силовые элементы конструкции средней прочности и заклепки.

Заклепки ставятся в конструкцию свежезакаленными, не позднее 2 часов после закалки.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. М., Оборонгиз, 1950.
- [2] Данные НИИ. П/я 989.
- [3] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. М., Башгиз, 1947.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

² Прутки прессованные могут поставляться в закаленном и состаренном или в термически необработанном состоянии. В последнем случае механические свойства определяются на вырезанных из прутков образцах после закалки и старения.

³ При невозможности вырезать из поковки или штамповки вдоль направления волокон образцы стандартных размеров испытание производится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.

⁴ Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.

⁵ Расчетное сопротивление срезу для заклепок — 22 кг/мм².

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные свойства [1]

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				Срез		H_b
	σ_b	$\sigma_{0.2}$	δ_5	ψ	$\tau_{ср}$	σ_c	
Закаленный и естественно состаренный	42	24	15	30	27	3	113
Отожженный	21	11	18	—	—	—	45

2. Механические свойства при низких и высоких температурах [2]

Таблица 4

Механические свойства	Температура испытания, °C											
	-198	-74	-50	0	+20	+100	+150	-200	+250	+300	+350	+400
σ_b	55,4	46,7	45,9	44,9	41,1	36,9	33,7	25,0	15,6	10,0	4,0	
$\sigma_{0.2}$	36,3	32,3	31,2	30,4	31,0	29,6	27,0	24,5	22,7	14,5	9,1	3,4
δ_5	32,5	24,8	24,7	22,6	22,9	23,9	25,2	22,6	16,3	19,6	27,6	42,6

Примечания: 1 Испытания проводились на сплаве состава, %
 Cu — 4,26, Mn — 0,60, Mg — 0,62, Si — 0,45, Fe — 0,65, Zn — 0,07.
 Al — остальное.

2 Испытания проводились на материале в закаленном и естественно состаренном состоянии.

3 Образцы размером $a = 15$ мм и $l = 60$ мм вырезались из листа толщиной 2,5 мм в продольном направлении.

Дуралюмин

Д1

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 5

Состояние материала	E
Закаленный и естественно состаренный	7100
Отожженный	7100

4. Модуль сдвига G , кг/мм² [1].

Таблица 6

Состояние материала	G
Закаленный и естественно состаренный	2700
Отожженный	2700

5. Коэффициент Пуассона μ [1].

Таблица 7

Состояние материала	μ
Закаленный и естественно состаренный	0,31
Отожженный	0,31

6. Физические свойства [2].

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$

Таблица 8

Состояние материала	λ
Закаленный и естественно состаренный	0,28
Отожженный	0,41

1. Деформирование алюминиевых сплавов

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее			
			σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_{10}	$H_{0.2}$
Плиты горячекатаные толщиной 11—25 мм	без термической обработки ²⁾	АМТУ347-53	389	229	119	—
Плиты горячекатаные толщиной 26—40 мм	То же	То же	379	219	109	—
Плиты горячекатаные толщиной 41—80 мм	"	"	379	219	89	—
Профили прессованные с толщиной полки до 10 мм	заказные по составу (ДПТ)	258АМТУ-53	36	22	12	—
Профили прессованные с толщиной полки 10,1—20 мм	То же	То же	38	23	12	—
Профили прессованные с толщиной полки более 20 мм	"	"	41	25	10	—
Профили прессованные с толщиной полки всех размеров	отожженные (ДПТ)	"	не более 25	—	12	—
Прутки прессованные диаметром до 160 мм	заказные по составу (ДПТ)	ГОСТ4783-49	38	22	12	—
Прутки прессованные диаметром более 160 мм	заказные по составу (ДПТ)	ГОСТ4783-49	36	20	10	—
Трубы холоднокатаные всех размеров	отожженные (ДПТ)	ГОСТ4773-49	не более 25	—	10	—
Трубы холоднокатаные диаметром до 22 мм и со стеной толщиной до 1 мм	заказные по составу (ДПТ)	То же	38	20	13	—
Трубы холоднокатаные диаметром до 22 мм и со стеной толщиной до 1,5—2 мм	То же	"	38	20	14	—

Дуралюмин

Д1

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее			
			σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_{10}	$H_{0.2}$
Трубы холоднокатаные диаметром 22—50 мм и со стеной толщиной до 1 мм	заказные по составу (ДПТ)	ГОСТ 4773-49	40	23	12	—
Трубы холоднокатаные диаметром 51—100 мм	То же	"	40	23	13	—
Трубы холоднокатаные диаметром 101—150 мм	"	"	40	23	11	—
Трубы холоднокатаные фасонные, всех размеров	"	"	40	23	12	—
Трубы прессованные толстостенные диаметром до 120 мм	"	259АМТУ-48	36	20	12	—
Трубы прессованные толстостенные диаметром более 120 мм	То же	"	38	22	10	—
Штамповки	"	НО299-55 ³⁾	38	20	129	95
Покоски	"	НО299-55 ³⁾	36	—	109	95
Проволока для заклепок ⁴⁾	"	АМТУ332-53	—	—	—	24 ⁵⁾

Механические свойства отожженных листов после их заклепки, в таком же состоянии листов, прошедших переделку на заводе-потребителе, должны быть следующими: $\sigma_s \geq 36$; $\sigma_{0.2} \geq 19$; $\delta_{10} \geq 15$ (для толщин до 2,5 мм); $\sigma_s \geq 36$; $\sigma_{0.2} \geq 20$; $\delta_{10} \geq 15$ (для толщин 2,6—10 мм).

³⁾ Плиты поставляются в горячекатаном состоянии. Механические свойства определяются на образцах, вырезанных из поверхности: 1) слоев плит после заклепки и старения.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

Примечания: 1. Перенос поковки (штамповки) из солированной ванны в водную должен производиться быстро (время переноса должно быть не более 40 сек). В случае задержки более указанного времени поковки (штамповки) перекалываются.
2. При закалке с температур ниже 518°C поковки (штамповки) перекалываются.

6) Режим старения.

Таблица 8

Температура старения, °C	Время выдержки, ч	Охлаждение
155—160	10	На воздухе

Примечания: 1. Время выдержки отсчитывается с момента достижения в поковках (штамповках) указанной температуры.
2. Поковки (штамповки), нагретые выше 160°C, подлежат повторной закалке.
3. В случае перерыва в процессе старения режим старения повторяется полностью.
5. Свариваемость. Сплав неудовлетворительно сваривается методами сварки плавлением и для сварных конструкций не применяется.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления штампованных и кованых деталей сложной формы и средней прочности, работающих при нормальных температурах.

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. М., Оборонгиз, 1960.
2. Данные НИИ. П/н 980.
3. Инструкция по ковке, штамповке, термической обработке деталей из алюминиевых сплавов. П/н 776, 1963.

ДУРАЛЮМИН Д1

Основное назначение: изготовление силовых элементов конструкции и заклепок.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, %, не более				
	Cu	Mg	Mn	Al	Fe	Ni	Fe + Ni	Si	Zn	Всего примесей, %, не более
Д1	3,8—4,8	0,4—0,8	0,4—0,8	остаточное	0,7	0,1	0,7	0,7	0,8	0,1

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ _т , %					δ ₅ , %				
			не менее					не менее				
Листы плакированные) толщиной 0,3—3 мм	отожженные (Д1АМ)	ГОСТ 4977—52	не более 23	—	12	—	—	—	—	—	—	—
Листы плакированные) толщиной 3,1—10 мм	То же	То же	не более 24	—	12	—	—	—	—	—	—	—
Листы плакированные) толщиной 0,3—2,5 мм	закаленные и естественно состаренные (Д1АТ)	.	37	19	15	—	—	—	—	—	—	—
Листы плакированные) толщиной 2,6—10 мм	То же	.	38	20	15	—	—	—	—	—	—	—

2. Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.
3. Прутки всех диаметров поставляются только в термически необработанном состоянии. Механические свойства определяются на вырезанных из прутков образцах после закалки и искусственного старения.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства [1].

Состояние материала	Растяжение			H_b
	$\sigma_{0.2}$	σ_s	σ_{10}	
Закаленный и искусственно состаренный	30	42	13	105

2. Механические свойства отдельных полуфабрикатов (вдоль и поперек волокон) [1].

Вид полуфабриката	Состояние материала	$\sigma_{0.2}$		σ_s	
		по длине	по ширине	по длине	по ширине
Штамповки	Закаленные и искусственно состаренные	30—32	28—30	40—42	38—40
Поповки	То же	28—30	≥ 28	38—40	36—38
Прутки всех диаметров	"	—	—	45	—

3. Механические свойства при низких и повышенных температурах [2].

Механические свойства	Температура испытания, °C						
	-193	-50	+20	+100	+250	+350	+400
σ_s	61,3	49,7	48,7	42,6	26,9	13,0	5,1
$\sigma_{0.2}$	49,8	39,3	40,2	36,8	25,6	12,8	4,9
δ_5	18,4	17,1	16,2	22,1	13,9	20,2	28,2

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава, %: $\text{Si}=1,93$; $\text{Mn}=0,44$; $\text{Mg}=0,74$; $\text{Si}=0,94$; $\text{Fe}=0,36$; $\text{Zn}=0,06$; Al —остальное.
2. Испытания проводились на материале в закаленном и искусственно состаренном состоянии.
3. Образцы размером: $d=7$ мм, $l_0=35$ мм вырезались из прутка диаметром 70 мм.
4. Модуль нормальной упругости $E=7100$ кг/мм² [1].
5. Модуль сдвига $G=2700$ кг/мм² [1].
6. Коэффициент Пуассона $\mu=0,31$ [1].
7. Физическая плотность [1]. Удельный вес $\gamma=2,75$ г/см³.
8. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях умеренно устойчив. Без анодирования (по РМО 750-56 и НО 288-54) и окраски грунтом АЛГ-1 не применяется.
В искусственно состаренном состоянии обладает незначительной склонностью к межкристаллитной коррозии.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в горячем состоянии высокая.
2. Обрабатываемость резанием хорошая.
3. Режим нагрева перед ковкой-штамповкой [3].

Таблица 6								
Температура нагрева перед ковкой, °С	Время выдержки, мин						Температура конца ковки °С	
	Диаметр прессованной заготовки, мм			Диаметр литой заготовки, мм				
	до 50	50—100	100—150	150—180	180—220	260—350		>350
440— 480	15—20	20—30	30—45	45—60	60—90	180—240	240— 300	380

4. Термическая обработка поковок (штамповок) [3].

а) Режим закалки.

Наибольшая толщина поковки (штамповки), мм	Температура нагрева перед загрузкой, °C	Температура выгрузки (допустимая температура закалки), °C	Температура выгрузки, °C	Время выдержки, мин
До 25	511—514	513—515	15—25	75
26—50	511—514	513—515	15—25	90
51—100	511—514	513—515	15—25	120
101—150	511—514	513—515	15—25	180

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

Примечания 1. Перенос поковки (штамповки) из селитровой ванны в водную должен производиться быстро (время переноса должно быть не более 40 сек). В случае задержки более указанного времени поковки (штамповки) перекалываются.
2. При закалке с температуры ниже 518°С поковки (штамповки) перекалываются.

б) Режим старения поковок (штамповок) [2].

Таблица 13

Температура старения	Время выдержки, час	Охлаждение
145—160	10	воздух

Примечания 1. Время выдержки отсчитывается с момента достижения в поковках (штамповках) указанной температуры.

2. Поковки (штамповки), нагретые выше температуры 160°С, подлежат повторной закалке.

3. В случае прерыва в процессе старения режим старения повторяется полностью.

4. Термическая обработка других полуфабрикатов.

Закалка с температуры 515—525°С в воде и естественное старение (АВТ) или искусственное старение (АВТ1) при температуре 145—155°С в течение 6—8 часов.

Отжиг при температуре 350—370°С, охлаждение на воздухе.

5. Свариваемость. Сплав удовлетворительно сваривается точечной сваркой и неудовлетворительно — методами сварки плавлением ввиду большой склонности сплава к трещинообразованию.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей с глубокой вытяжкой, штампованных и кованых деталей сложной формы, трубопроводов.

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструктивные материалы. Т. I. М. Оборонгиз, 1960.

2. Инструкция по ковке, штамповке и термической обработке деталей из алюминиевых сплавов. П. 1. 1963.

3. Данные НИИ П. 900.

АВИАЛЪ ПОВЫШЕННОЙ ПРОЧНОСТИ (КОВОЧНЫЙ) АК6

Основное назначение: изготовление штампованных и кованых деталей сложной формы и средней прочности.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (по ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %						Примеси, % не более				
	Cu	Mg	Mn	Si	Al	Fe	Ni	Zn	Pb	As	Сумма
АК6	1,8—2,6	0,4—0,8	0,4—0,8	0,7—1,2	ос-тальное	0,70	10	70	30	1	1,1

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ, кг/см²				δ, %	L ₀
			σ _{0,2}	σ _{0,5}	σ _{0,8}	σ _в		
Штамповки	Закаленные и искусственно состаренные	НО 299-551	38	28	109	100		
Поковки	То же	То же	36	—	69	95		
Прутки прессованные всех раз-работок ¹⁾	Без термической обработки	ГОСТ 4783-49	36 ²⁾	—	129	—		

Примечания 1. При невозможности вырезать из поковки или штамповки вдоль направления волокон образец стандартных размеров испытание производится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.

Деформированные алюминиевые сплавы

6. Физические свойства [1].

а) Теплопроводность $\lambda, \frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$

Таблица 8

Состояние материала	λ
Закаленный и искусственно состаренный	0,41
Закаленный и естественно состаренный	0,41
Отожженный	0,50

б) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 9

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	23,5	24,5	25,5

в) Электропроводность K (в % к электропроводности меди).

Таблица 10

Состояние материала	K
Закаленный и естественно состаренный	45
Закаленный и искусственно состаренный	45
Отожженный	55

г) Удельный вес $\gamma = 2,69 \text{ г/см}^3$

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях в закаленном и естественно состаренном состоянии сплав вполне устойчив. В искусственно состаренном состоянии сплав обладает склонностью к межкристаллитной коррозии. Эта склонность тем выше, чем больше примеси меди в сплаве. Удовлетвори-

Авиаль

АВ

тельной коррозионной стойкостью в искусственно состаренном состоянии обладает сплав, содержащий не более 0,1% меди. Сплав поддается анодированию* по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и может окрашиваться по грунту АЛГ-1. В отапливаемом складе может храниться без покрытий.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии (АВМ) высокая, после закалки и естественного старения (АВТ) — средняя; после закалки и искусственного старения (АВТ1) — низкая.
2. Обрабатываемость резанием АВМ неудовлетворительная; АВТ и АВТ1 — удовлетворительная.
3. Температура нагрева перед ковкой-штамповкой [2].

Таблица 11

Температура нагрева перед ковкой, °C	Время выдержки, мин, для заготовок диаметром							Температура концаковки, °C
	до 50	50-100	100-150	150-180	180-220	220-350	более 350	
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	
420-490	15-20	20-30	30-45	45-60	60-90	180-240	240-300	380

4. Термическая обработка.

а) Режим закалки поковок (штамповок) [2].

Таблица 12

Наибольшая толщина поковки, мм	Температура перед закалкой, °C	Температура перед выгрузкой (допустимая температура закалки), °C	Температура воды, °C	Время выдержки, мин
До 25	517-520	518-520	15-25	75
26-50	То же	То же	То же	90
51-100	.	.	.	120
101-150	.	.	.	150

* Сплав может подвергаться глубокому анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) для повышения износостойкости деталей.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	$\sigma_{0.2}$	Растяжение				H_b
		σ_b	δ_2	δ_{10}	ψ	
Закаленный и искусственно состаренный (АВТ1)	28	33	16	20	95	
Закаленный и естественно состаренный (АВТ)	12	22	22	50	65	
Отожженный (АВМ)	—	12	30	65	30	

2. Механические свойства сплава АВТ1 при высоких и низких температурах [3].

Таблица 4

Температура, °С	-193	-100	-74	-50	0	+20	+100
$\sigma_{0.2}$	27,8	23,9	23,8	23,4	21,5	22,4	21,4
σ_b	40,2	35,3	34,1	33,5	31,5	31,0	27,9
δ_2	30,9	25,8	25,2	24,0	25,1	24,5	24,7
δ_{10}	35,9	39,6	38,6	40,3	46,3	50,3	52,1
ψ	4,1	4,6	4,6	4,4	3,8	4,6	3,4

Таблица 4 (продолжение)

Температура, °С	+150	+200	+250	+300	+350	+400
$\sigma_{0.2}$	20,8	20,0	22,1	15,7	9,7	7,9
σ_b	25,6	23,7	23,2	10,2	9,9	8,3
δ_2	21,9	17,2	12,6	9,1	10,9	13,3
δ_{10}	53,3	51,4	47,1	52,5	65,8	76,4
ψ	2,9	3,3	2,6	4,0	7,1	8,4

Примечание: Испытания производились на сплаве состава: Mg = 0,79, Si = 0,79, Cu = 0,40, Mn = 0,29, Fe = 0,55, Zn = 0,21, Al = остальное.
2. Образцы размером $d = 9,0$ мм, $l = 55$ мм вырезались из прутков диаметром 20 мм.

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 5

Состояние материала	E
Закаленный и искусственно состаренный	7100
Закаленный и естественно состаренный	7100
Отожженный	7100

4. Модуль сдвига G , кг/мм² [1].

Таблица 6

Состояние материала	G
Закаленный и искусственно состаренный	2700
Закаленный и естественно состаренный	2700
Отожженный	2700

5. Коэффициент Пуассона μ [1].

Таблица 7

Состояние материала	μ
Закаленный и искусственно состаренный	0,31
Закаленный и естественно состаренный	0,31
Отожженный	0,31

1 Деформированные алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s $R_{0,2}$ H_s		
			не менее		
Листы толщиной свыше 3 до 5 мм	закаленные и естественно состаренные (АВТ)	1252 AM TV-18	20 ⁹	—	18
Листы толщиной свыше 5 до 10 мм	"	То же	18 ⁹	—	16
Листы толщиной 0,3—5 мм	закаленные и искусственно состаренные (АВТ)	"	30 ⁹	—	10
Листы толщиной свыше 5 до 10 мм	То же	"	30 ⁹	—	8
Штамповки	закаленные и искусственно состаренные (АВТ)	НО 299 (59)	30	22 (12)	85
Полочки	То же	То же	28	— (10)	85
Трубы всех размеров	отожженные (АВМ)	ГОСТ 4773- не более 49	—	17	—
Трубы всех размеров	закаленные и естественно состаренные (АВТ)	То же	21 ⁹	—	14
Трубы всех размеров	закаленные и искусственно состаренные (АВТ)	"	31 ⁹	—	8
Прутки всех размеров	термически не обработанные (АВ)	ГОСТ 4783-49	30 ⁹	— (12)	— (5)
Профили всех размеров	закаленные и естественно состаренные (АВТ)	258 AM TV-55	18	—	14
Профили всех размеров	закаленные и искусственно состаренные (АВТ)	То же	30	23	10
Плиты горячекатаные толщиной 11—25 мм	То же	AMTV 347-55	30 ⁹	—	71
Плиты горячекатаные толщиной 26—40 мм	"	То же	39 ⁹	—	64

Авиала

АВ

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s $R_{0,2}$ H_s		
			не менее		
Плиты горячекатаные толщиной 41—80 мм	закаленные и искусственно состаренные (АВТ)	AMTV 347-5	28 ⁹	—	64
Плиты горячекатаные толщиной 11—25 мм	закаленные и естественно состаренные (АВТ)	"	18 ⁹	—	14
Плиты горячекатаные толщиной 26—40 мм	То же	"	17 ⁹	—	12
Плиты горячекатаные толщиной 41—80 мм	"	"	17 ⁹	—	10

Примечания. 1. В случае содержания в сплаве меди до 0,2% предел прочности для листов в отожженном состоянии должен быть не более 14 кг/мм² и относительное удлинение не менее 20%.

2. В случае содержания в сплаве меди и цинка не более 0,1% каждого элемента, показателя предела прочности в закаленном состоянии снижаются на 2 кг/мм².

3. При невозможности вырезать из локотки или штамповки вдоль направления волокон образцы стандартных размеров испытание производится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.

4. Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.

5. Для закаленных труб при содержании меди и цинка не более 0,1% каждого элемента предел прочности может быть снижен, но не более чем на 3 кг/мм².

6. Прутки всех размеров поставляются только в термически необработанном состоянии. Механические свойства определяются на термически обработанных образцах (после закалки и искусственного старения).

7. Механические свойства определяются на образцах, вырезанных из поверхностных слоев плиты в направлении поперек прокатки.

8. Механические свойства определяются на образцах, вырезанных из средних слоев плиты в направлении поперек прокатки.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

2. Модуль нормальной упругости $E = 7000 \text{ кг/мм}^2$ [1].
3. Модуль сдвига $G = 2700 \text{ кг/мм}^2$ [1].
4. Коэффициент Пуассона $\mu = 0,30$ [1].
5. Физические свойства [2].

- а) Теплопроводность $\lambda = 0,28 - 0,26 \frac{\text{ккал}}{\text{см. сек. град.}}$
- б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 3

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	23,9	24,8	25,9

- в) Электропроводность (в % к электропроводности меди) $K = 29 - 27\%$.
- г) Удельный вес $\gamma = 2,65 \text{ г/см}^3$.

6. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях удовлетворительно устойчив.

Заготовки анодируются по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и окрашиваются по грунту АЛГ-1.

В отапливаемом и неотапливаемом складе может храниться без покрытий.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии высокая.
2. Обрабатываемость резанием пониженная.
3. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется. Заготовки в конструкцию ставятся в отожженном состоянии; отжиг при температуре $340 - 410^\circ\text{C}$, охлаждение на воздухе.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления заклепок, употребляемых для клепки конструкций из магниевых и алюминиево-магниевых сплавов.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. Оборонгиз, М. 1960.
- [2] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV. М. Машиностроение, 1964.

АВИАЛЬ АВ

Основное назначение: изготовление штампованных и кованых деталей сложной формы.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, %, не более		
	Mg	Si	Cu	Mn или Cr	Al	Fe	Zn	про-сумма чие всех при-примесей
АВ	0,45-0,5-0,9	0,5-1,2	0,2-0,6	0,15-0,35	ос-тава-ное	0,5	0,2	0,1

Примечание. По требованию заказчика содержание меди и цинка может быть не более 0,1% каждого элемента. Для отдельных партий листов, по требованию заказчика, содержание меди может быть 0-0,5%, а марганца или хрома 0-0,2%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{0,01}$	H_s
Листы толщиной 0,3-5 мм	отожженные (АВАМ)	252АМТУ-48	на бо-асс(15)	20	-	-
Листы толщиной 0,3-0,5 мм	закаленные и естественно состаренные (АВАТ)	То же	209	-	18	-
Листы толщиной свыше 0,6 до 3 мм	То же	То же	209	-	20	-

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии (АМгбТМ) удовлетворительная. В случае затруднений при отбортовке под сварку рекомендуется вести отбортовку с подсадкой или с подогревом.

2. Обрабатываемость резанием хорошая.

3. Ковка и штамповка. Температураковки и штамповки 460—480°С. В случае затруднения при ковке необходимо подстуживать поверхность заготовок до температуры 400—420° и затем ковать с малыми обжатиями.

4. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется.

Отжиг производится при температуре 300—425°С, охлаждение в воде или на воздухе.

5. Свариваемость. Сплав хорошо сваривается газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сваркой и удовлетворительно — точечной сваркой.

Рекомендуемая марка присадочного материала — АМгбТ (по СТУ 4-5-54).

Точечную сварку следует проводить на «жестких» режимах (рекомендуется применять импульсные машины).

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей, получаемых холодной штамповкой, сварных емкостей, силовых деталей, обшивки, деталей каркаса.

ИСТОЧНИКИ

1. Данные НИИ П. 4-589.

АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ АМг5П

Основное назначение: изготовление проволоки для заклепок, предназначенных для конструкций из алюминиево-магневых и магниевых сплавов.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %			Примеси, %, не более						
	Mg	Mn	Al	Fe	Si	Fe + Si	Cu	Вредные примеси, см	Сумма всех примесей, %	Примеси, %
АМг5П	4,7—5,7	0,2—0,6	ос-таля-ное	0,4	0,4	0,6	0,2	0,1	1,1	

2. Механические свойства (АМТУ 332-53). Сопротивление срезу проволоки должно быть не менее 16 кг/мм².

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 2

Состояние материала	Растяжение			Срез	Н _в
	σ _{0,2}	σ _п	σ ₁₀	τ _{ср}	
Стойка-ный	15	27	23	19	70

1. Деформированные алюминиевые сплавы

4. Механические свойства в зависимости от степени холодной деформации. [1].

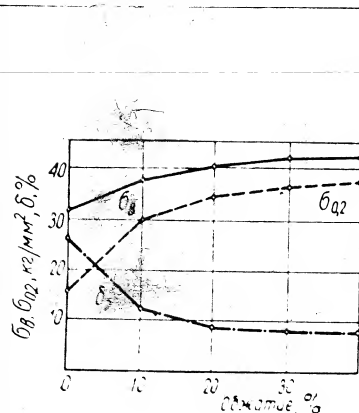


Рис. 4

Алюминиево-магнийевый сплав

АМг6Т

5. Механические свойства сварных соединений листового материала толщиной 1—3 мм [1].

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9; для нахлесточных соединений — 0,45 (при толщине листа 2,5 мм).

б) Предел прочности при низких и высоких температурах сварных соединений с усилением, сваренных методами плавления.

Таблица 6

Температура испытания, °С	-193	-100	-50	+20	+100	+200	+300	+400
$\sigma_{\text{мин.}} - \text{макс.}$	43,7 - 45,4	33,8 - 35,6	32,0 - 33,1	34,2 - 35,9	29,6 - 32,5	18,2 - 20,5	19,4	7,7 - 9,3
средн.	44,4	34,8	34,5	35,5	31,6	19,4	8,7	2,3 - 4,1

Примечание. Приведены результаты испытаний 8 образцов на каждую данную температуру.

в) Минимально допустимая прочность сварных точек для материала толщиной 2,5 мм составляет:

на срез $P_{\text{ср}} = 750 \text{ кг}$;

на отрыв $P_{\text{отр}} = 280 \text{ кг}$.

6. Физические свойства [1].

а) Коэффициент линейного расширения α .

Таблица 7

Интервал температур, °С	20—200	20—300	20—400
$\alpha \cdot 10^6$	24,7	25,5	26,5

б) Электропроводность (в % к электропроводности меди) $K = 26\%$.

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях вполне устойчив. Сплав поддается анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и окраске по грунту АЛГ-1.

В отапливаемом и неотапливаемом складе может храниться без покрытий.

АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ АМг6Т

Основное назначение: изготовление высоконагруженных сварных конструкций.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав (по дополнению № 1 к ТУОП 39-56).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, %, не более			
	Mg	Mn	Ti	Al	Остальное	Cu	Fe	Zn	Si
АМг 6Т	5,8	7,0	0,1	0,05-0,07	0,2	0,1	0,4	0,2	0,4

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0,2}$	σ_b
Листы толщиной 0,5-4,5 мм	отожженные (АМг6ТМ)	ТУОП 39-56	32	16	15
Листы горячекатаные толщиной 5-10 мм	без термической обработки или отожженные (АМг6Т: к; АМг6Т: М)	То же	32	16	15
Прутки и полосы всех размеров	горячекатаные или отожженные (АМг6Т: АМг6ТМ)	ТУОП 42-56	32	16	15
Профили всех размеров	То же	Н 100	32	16	15
Сварочная проволока	сварочная-24 АМг6ТН	СТУ 4-5-54	—	—	—

Примечания: 1. Механические свойства прутков диаметром более 200 мм и полос площадью сечения свыше площади круга диаметром 200 мм фактативны.
2. Механические свойства проволоки не определяются.

Алюминиево-магниевый сплав**АМг6Т**

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства при низких и высоких температурах [1].

Таблица 3

Свойства	Температура испытания, °С						
	-193	-100	-50	+20	+100	+200	+300 +400
σ_s	44,7	33,7	33,4	34,1	31,1	17,7	8,0 2,5
$\sigma_{0,2}$	20,7	18,3	18,6	17,6	16,8	13,7	7,7 2,3
σ_b	34,3	27,6	26,7	24,0	41,3	64,3	78,9 100,5

Примечание. Образцы размером $a = 15$ мм, $l = 50$ мм вырезались из листа толщиной 2,5 мм.

2. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 4

Температура испытания, °С	-180	-150	-100	-50	+20	+100	+200 +250
$E \cdot 10^{-4}$	8,16	8,00	7,85	7,58	7,20	7,12	6,58 6,15

Примечание. Образцы вырезались из прутка диаметром 90 мм.

3. Модуль сдвига G , кг/мм² [1].

Таблица 5

Температура испытания, °С	-180	-150	-100	-50	+20	+100	+200 +250
$G \cdot 10^{-4}$	3,07	3,02	2,92	2,88	2,8	2,76	2,55 2,41

Примечание. Образцы вырезались из прутка диаметром 90 мм.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

д) Прочность сварных точек при низких и высоких температурах для материала толщиной 2 + 2 мм.

Таблица 9

Температура испытания, °С	-194	+20	+200	+300
Прочность на отрыв, кг (миним. макс.) средн.	197—276 237	280—390 310	192—274 248	113—145 130
Прочность на срез, кг (миним. макс.) средн.	814—950 871	658—808 747	600—860 718	253—357 302

6. Физические свойства.

а) Коэффициент линейного расширения α (данные для АМг5) [2].

Таблица 10

Интервал температур, °С	20—100	20—200	20—300
$\alpha \cdot 10^6$	23,9	24,8	25,9

б) Электропроводность (в % к электропроводности меди) $\Lambda = 29—27\%$ (данные для АМг5) [2].

в) Удельный вес $\gamma = 2,65 \text{ г/см}^3$ [1].

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях сплав устойчив. Сплав поддается анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и окраске по стандарту АЛ-1. В отапливаемом и неотапливаемом складе может храниться без покрытий.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность. В отожженном состоянии АМг5ВМ имеет высокую пластичность. Обработка под давлением возможна.

Алюминиево-магниевый сплав

АМг5В

2. Обрабатываемость резанием хорошая.

3. Температураковки-штамповки 480—500°С.

4. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется.

Отжиг при температуре 270—280°С с охлаждением на воздухе или в воде.

5. Свариваемость. Сплав хорошо сваривается точечной и шовной сваркой и удовлетворительно — газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой. Для жестких конструкций при сварке плавлением имеется опасность появления трещин, в этих случаях рекомендуется аргоно-дуговая сварка.

Рекомендуемая марка присадочного материала — АМг5В (ГОСТ 7871-56).

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей, получаемых холодной штамповкой, сварных емкостей, силовых деталей, обшивок, деталей каркаса.

ИСТОЧНИКИ

[1] Данные НИИ П/я 989.

[2] «Машиностроение» Энциклопедический справочник. Т. IV. М., Машгиз, 1947.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

3. Модуль сдвига G , кг/мм² [1]

Таблица 5

Температура испытания, °C	-170	-150	-120	-90	-60	-30	0	+20	+100	+200
$G \cdot 10^3$	2,97	2,94	2,91	2,87	2,83	2,79	2,75	2,72	2,63	2,50

Примечания. 1 Испытания проводились на сплаве состава: $\% \text{ Mg} = 4,80$; V — в норме; $\text{Mn} = 0,47$; $\text{Cu} = 0,05$; $\text{Si} = 0,21$; $\text{Fe} = 0,32$; $\text{Zn} = 0,03$; Al — остальное.

2 Образцы вырезались из прутка диаметром 30 мм.

4 Механические свойства сплава в зависимости от степени холодной деформации [1]

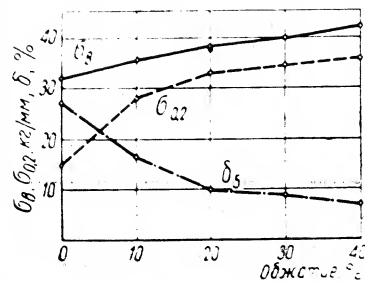


Рис. 3

Алюминиево-магнийевый сплав

АМг5В

5. Механические свойства сварных соединений листового материала толщиной 1—3 мм [1].

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9; для нахлесточных — 0,45 (при толщине листа 2,5 мм).

б) При низких и высоких температурах прочность сварных соединений с усилением, сваренных методами плавления.

Таблица 6

Температура, °C	-193	-100	-50	+20	+100	+200	+300	+400
σ_s (миним.-макс. / сред.)	38,2—40,2 / 39,0	29,0—29,4 / 29,3	28,0—28,9 / 28,5	29,5—29,7 / 29,6	27,5—28,6 / 28,2	17,4—19,5 / 18,1	8,6—8,8 / 8,7	3,4—3,7 / 3,6

Примечание. Приведены результаты испытания 5 образцов на каждую данную температуру.

в) Минимально допустимая прочность сварных точек.

Таблица 7

Толщина более тонкой детали, мм	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	6—8	8—10	8—10	10—12
Прочность сварных точек на отрыв, кг	110	250	280	480
Прочность сварных точек на срез, кг	320	550	620	750

г) Прочность сварных точек при низких и высоких температурах для материала толщиной 1 + 1 мм.

Таблица 8

Температура испытания, °C	-194	+20	-200	+300
Прочность на отрыв, кг				
миним.-макс. / сред.	49—64 / 54	84—144 / 125	62—116 / 84	27,5—38 / 33
Прочность на срез, кг				
миним.-макс. / сред.	256—346 / 308	270—330 / 292	200—300 / 273	62—86 / 76

АЛЮМИНЕВО-МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ АМг5В

Основное назначение: изготовление высоконагруженных сварных конструкций.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ**1. Химический состав (ТУ ОП 5-56)**

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %					Примеси, %, не более				
	Mg	Mn	V	Al		Cu	Fe	Zn	Si	
АМг5В	4,8	1,8	0,3	0,50	0,2	остаток	0,05	0,1	0,2	0,1

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид деформации	Состояние поставки	Источники	σ, кг/мм²				δ, %	H, кг/мм²
			σ _{0,2}	σ _{0,5}	σ _{1,2}	σ _{1,5}		
Листы толщиной 4-15 мм	отожженные (АМг5ВМ)	ТУ ОП 5-56	28	15	15	15	—	—
Листы толщиной 4-15 мм	термически упрочненные (АМг5ВЧ-А)	То же	28	13	15	15	—	—
Листы толщиной 10 мм	отожженные (АМг5ВМ)	НГН	28	12	15	15	—	—
Профили (трубопроводы) с 4-х канавками	отожженные (АМг5ВМ)	НГН	28	12	15	15	—	—
Листы всех размеров	То же	НГН	28	15	15	15	—	—
Штамповки и прокатки	НГН	ГОСТ 220-45	28	12	15	15	—	—
Поршневые элементы	закаленные (АМг5В)	ГОСТ 57126	—	—	—	—	—	—

Алюминиево-магниевый сплав**АМг5В**

Примечания: 1. Предел прочности и предел текучести для горячекатаных листов факультативны.

2. При невозможности вырезать из поковки или штамповки вдоль направления волокон образцы стандартных размеров испытание проводится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры.

3. Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.

4. Механические свойства проволоки не определяются.

**II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)****1. Механические свойства при низких и высоких температурах [1].**

Таблица 3

Механические свойства	Температура испытания, °C							
	-193	-100	-50	+20	+100	+200	+300	+400
σ _{0,2}	42,0	31,2	30,2	31,5	29,4	16,3	7,8	2,5
σ _{0,5}	16,9	14,9	14,2	15,1	13,7	11,9	7,4	2,3
δ ₅	41,6	35,0	30,9	27,3	42,3	62,7	106,7	98,9

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: Mg = 5,12; Mn = 0,5; V = в норме; Si = 0,24; Fe = 0,28; Cu = 0,03; Zn = 0,05; Al = остальное.

2. Образцы размером a = 15 мм, l = 50 мм вырезались из листа толщиной 2 мм в продольном направлении.

2. Модуль нормальной упругости E, кг/мм² [1].

Таблица 4

Температура испытания, °C	-150	-120	-90	-60	-30	0	+20	+100	+200
	7,9	7,5	7,5	7,5	7,4	7,3	7,0	6,8	6,1

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: Mg = 5,12; V = в норме; Mn = 0,5; Si = 0,05; Fe = 0,21; Cu = 0,03; Zn = 0,05; Al = остальное.

2. Образцы вырезались из прутка диаметром 30 мм.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

6. Механические свойства сварных соединений листового материала толщиной 1—3 мм [2].

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9; для нахлесточных соединений — 0,5 (при толщине листа 2,5 мм).

б) Прочность при низких и высоких температурах сварных соединений с усилением, сваренных веткой методом плавления

Таблица 7

Температура испытания, °С	193	100	-50	+20	-100	+200	+300	+400
σ _{ср} , МПа	25,6	24,7	24,1	22,6	22,0	21,6	13,0	5,8
σ _{ср} , МПа	24,7	24,1	22,6	22,0	21,6	13,0	5,8	1,9

Примечание. Приведены результаты испытаний 10 образцов с каждой температурой.

в) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез и на отрыв

Таблица 8

Толщина листа, мм	1,5	2,0	2,5
Диаметр отверстия от электрода, мм	5-6	8-10	8-10
Минимальная допустимая прочность на срез, МПа	110	420	300
Минимальная допустимая прочность на отрыв, МПа	65	190	200

Алюминиево-магнийевый сплав

AMg3

7. Физические свойства [2].

а) Коэффициент линейного расширения α.

Таблица 9

Интервал температур, °С	20—100	20—300	20—400
α · 10 ⁶	23,5	26,2	26,1

б) Электропроводность (в % к электропроводности меди) K = 35%.

в) Удельный вес γ = 2,71 г/см³.

8. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях вполне устойчив.

Сплав поддается анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и окраске по грунту АЛГ-1.

В условиях отапливаемого и неотапливаемого склада может храниться без покрытий.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии (AMg3M) высокая, в полугартованном (AMg3П) — удовлетворительная. Обработывается под сварку хорошо.

2. Обрабатываемость резанием удовлетворительная.

3. Температураковки-штамповки 450—480°C.

4. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется.

Отжиг при температуре 270—280°C, охлаждение на воздухе или в воде.

5. Свариваемость. Сплав хорошо сваривается газовой, атомно-водородной, аргоно-дуговой, точечной и роликовой сваркой.

Рекомендуемая марка присадочного материала — AMg3 (ГОСТ 7871-56).

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей, получаемых холодной штамповкой, сварных емкостей, деталей каркаса.

ИСТОЧНИКИ

1. С. М. Воронов. Деформируемые алюминиевые сплавы. М., Машиз, 1961.

2. Данные НИИ. Л.я 669

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

2. Механические свойства сплава АМгЗ при низких и высоких температурах [2].

Таблица 4

Свой- ства	Температура испытания, °C									
	-193	74	50	+20	+100	+150	+200	+250	+300	+350
σ_b	33,0	22,9	22,6	23,4	23,1	19,3	14,0	8,6	6,2	4,0
$\sigma_{0,2}$	10,1	9,5	9,5	9,7	10,0	10,0	9,2	7,2	5,9	3,3
δ_5	43,0	29,0	25,6	21,9	22,7	44,0	51,9	73,2	89,0	102,0

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: $\text{Al}-\text{Mg}-3,26$, $\text{Mn}-0,5$, $\text{Si}-0,70$, $\text{Cu}-0,05$, $\text{Fe}-0,36$, $\text{Zn}-0,09$.

2. Образцы размером $15 \times 15 \times 50$ мм вырезались из листа толщиной 2,5 мм в продольном направлении.

3. Модуль нормальной упругости E , $\text{кг}/\text{мм}^2$.

Таблица 5

Температура испытания °C	-193	100	50	+20	+300	+300
$E \cdot 10^{-3}$	7,8	7,4	7,2	6,99	6,98	4,94

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: $\text{Al}-\text{Mg}-3,62$, $\text{Mn}-0,44$, $\text{Cu}-0,04$, $\text{Si}-0,54$, $\text{Fe}-0,27$, $\text{Zn}-0,05$.

2. Образцы вырезались из прутка диаметром 30 мм.

3. Модуль сдвига G , $\text{кг}/\text{мм}^2$.

Таблица 6

Температура испытания °C	-193	-140	50	+20	+100	+200	+250
$G \cdot 10^{-3}$	2,86	2,82	2,72	2,67	2,62	2,51	2,41

Примечания: 1. Испытания проводились на сплаве состава: $\text{Al}-\text{Mg}-3,83$, $\text{Mn}-0,53$, $\text{Cu}-0,03$, $\text{Si}-0,66$, $\text{Fe}-0,21$, $\text{Zn}-0,02$.

2. Образцы вырезались из прутка диаметром 30 мм.

Алюминиево-магнийевый сплав

АМгЗ

5. Механические свойства сплава в зависимости от степени холодной деформации [2].

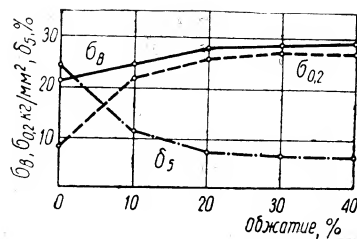


Рис 2

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

2. Механические свойства сплава АМгЗ при низких и высоких температурах [2]

Таблица 4

Свойства	Температура испытания, °C									
	-193	74	50	+20	+100	+150	+200	+250	+300	+350
$\sigma_{\text{в}}$	33,0	22,9	22,6	23,4	23,1	19,3	14,0	8,6	6,2	4,0
$\sigma_{0,2}$	10,1	9,5	9,5	9,7	10,0	10,0	9,2	7,2	5,9	3,3
δ_5	43,0	29,0	25,6	21,9	22,7	44,0	51,9	73,2	89,0	102,0

Примечания: 1 Испытания проводились на сплаве состава: $\text{Mg}=3,26$, $\text{Mn}=0,5$, $\text{Si}=0,70$, $\text{Cu}=0,05$, $\text{Fe}=0,36$, $\text{Zn}=0,09$, Al —остаток.

2 Образцы размером $1 \times 45 \times 50$ мм вырезались из листа толщиной 2,5 мм в продольном направлении.

3 Модуль нормальной упругости E , $\text{кг}/\text{мм}^2$.

Таблица 5

Температура испытания, °C	-193	100	50	+20	+200	+300
$E \cdot 10^{-3}$	7,8	7,4	7,2	6,99	6,98	4,94

Примечания: 1 Испытания проводились на сплаве состава: $\text{Mg}=3,62$, $\text{Mn}=0,44$, $\text{Cu}=0,04$, $\text{Si}=0,54$, $\text{Fe}=0,27$, $\text{Zn}=0,05$, Al —остаток.

2 Образцы вырезались из прутка диаметром 30 мм.

4 Модуль сдвига G , $\text{кг}/\text{мм}^2$.

Таблица 6

Температура испытания, °C	-180	-140	50	+20	+150	+200	+250
$G \cdot 10^{-3}$	2,66	2,82	2,72	2,67	2,62	2,51	2,41

Примечания: 1 Испытания проводились на сплаве состава: $\text{Mg}=3,83$, $\text{Mn}=0,53$, $\text{Cu}=0,03$, $\text{Si}=0,66$, $\text{Fe}=0,21$, $\text{Zn}=0,02$, Al —остаток.

2 Образцы вырезались из прутка диаметром 32 мм.

Алюминиево-магнийевый сплав

АМгЗ

5. Механические свойства сплава в зависимости от степени холодной деформации [2].

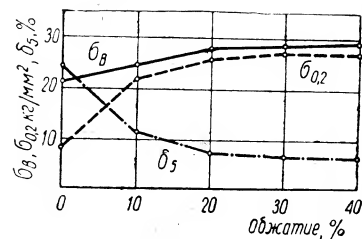


Рис 2

АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ АМгЗ

Основное назначение: средненагруженные детали, изготовляемые вытяжкой и сваркой.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ТУ ОП5-56)

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %						Примеси, % не более		
	Mg	Mn	Si	Al	Cu	Fe	Zn		
АМгЗ	3,2-3,8	0,3-0,6	0,5	0,8	остаточное	0,05	0,5	0,2	

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0,2}$	δ_5
не менее					
Листы толщиной 0,5-4,5 мм	отожженные (АМгЗМ)	ТУ ОП5-56	20	10	15
Листы толщиной 5-10 мм	горячекатаные (АМгЗМ)	то же	18	10	15
Продукты всех размеров	горячекатаные (АМгЗМ)	АМТУ 413-47	18	8	15 (1-5)
То же	полунагартованные (АМгЗП)	то же	22	14	8
Трубы всех размеров	отожженные (АМгЗМ)	АМТУ 413-47	18	8	15

Алюминиево-магниевый сплав

АМгЗ

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0,2}$	δ_5
			не менее		
Трубы всех размеров	полунагартованные (АМгЗП)	АМТУ 413-47	22	13	8
Штамповки и поковки	горячекатаные или отожженные (АМгЗ, АМгЗМ)	ГО 299-55*	18	7	15*
Проволока сварочная*	нагартованная (АМгЗН)	ГОСТ 7871-56	—	—	—

Примечания: 1. Предел текучести для горячекатаных листов факультативен.

2. Механические свойства прутков диаметром 40-160 мм факультативны.

3. Испытание на предел текучести факультативно.

4. При невозможности вырезать из поковки или штамповки вдоль направления волокон образец стандартных размеров испытание производится только на твердость по Бринеллю с одновременным контролем микроструктуры. Твердость по Бринеллю должна быть ≥ 45 кг/мм².

5. Допускается механические свойства проверять на пятикратных образцах.

6. Механические свойства проволоки не определяются.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Типичные механические свойства (II)

Таблица 3

Состояние материала	σ_s	$\sigma_{0,2}$	δ	H_b
Отожженный + правка	24	12	20	80

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

б) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез.

Таблица 6

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5-6	5-6	6-8	8-10	8-10	10-12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	50	100	240	380	450	700

8. Физические свойства [2]

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$

Таблица 7

Состояние материала	λ
Нагартованный	10,3
Полунагартованный	10,3
Отожженный	10,2

б) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 8

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	23,4	24,5	25,4

в) Электропроводность Δ (в % к электропроводности меди)

Таблица 9

Состояние матери	Δ
Нагартованный	40
Полунагартованный	40
Отожженный	40

Алюминиево-магнийевый сплав

AMg

г) Удельный вес $\gamma = 2,67 \text{ кг/см}^3$.

9. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях вполне устойчив. Сплав поддается анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54). Может подвергаться окраске по грунту АЛГ-1. В отапливаемых и неотапливаемых складах может храниться без покрытий. В азотной кислоте (ГОСТ 701-41) и ее парах при температуре $+20^\circ\text{C}$ вполне устойчив.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии высокая; в полунагартованном — средняя; в нагартованном — низкая.
2. Обрабатываемость резанием AMgM — неудовлетворительная, AMgП и AMgH — удовлетворительная.
3. Температураковки-штамповки $420-475^\circ\text{C}$.
4. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется.

Отжиг производится при температуре $350-410^\circ\text{C}$, охлаждение в воде.

5. Свариваемость. Сплав хорошо сваривается точечной и роликовой сваркой и удовлетворительно — газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой.

При сварке плавлением жестких узлов и замкнутых контуров сплав склонен к образованию трещин; в этих случаях рекомендуется аргоно-дуговая сварка.

Рекомендуемые марки присадочных материалов AMg3 и AMg (ГОСТ 7871-56).

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления средненагруженных деталей, трубопроводов, проволоки для присадочного материала при сварке и для изготовления заклепок.

ИСТОЧНИКИ

- 1) Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. I. М., Оборонгиз, 1950.
- 2) «Машиностроение» Энциклопедический справочник Т. IV. М., Машгиз, 1947.
- 3) Данные НИИ. П/я 989.

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	ис. мес.с		
			$\sigma_{\text{в}}$	δ_{10}	$\sigma_{\text{ср}}$
Трубы всех размеров	отожженные (AMg M)	ГОСТ 4773-49	не более 22	—	—
Трубы всех размеров	полунагартованные (AMg II)	То же	21	—	—
Трубы всех размеров	нагартованные (AMg H)	"	23	—	—
Прутки всех размеров	отожженные или термически необработанные (AMg M)	ГОСТ 4783-49	не более 23 (1-5d)	10	—
Проволока для заклепок	термически обработанная	AMTZ 332-53	—	—	12 ¹⁾
Проволока сварочная	нагартованная	ГОСТ 7871-56	—	—	—
Пласти горячекатаные толщиной 11-25 мм	горячекатаные (AMg Ag ₁)	AMTZ 347-53	18 ²⁾	7 ³⁾	—
Листы горячекатаные толщиной 5-10 мм	То же	308 AMTZ 51	—	—	—

¹ Эта величина сопротивления срезу является расчетной также для заклепок.

² Механические свойства проволоки не определяются.

³ Механические свойства определяются на образцах вырезанных из поверхностных слоев пласт в направлении поперек прокатки.

II ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1 Типичные механические свойства [1]

Таблица 3

Состояние материала	$\sigma_{\text{в}}$	Растяжение				Срез	$H_{\text{ср}}$
		$\sigma_{\text{в}}$	$\sigma_{\text{с}}$	δ_{10}	δ_{50}	$\sigma_{\text{ср}}$	
Полунагартованный (AMg II)	—	21	25	6	—	—	60
Отожженный (AMg M)	9	10	19	23	64	15	45

Алюминиево-магниевый сплав

AMg

2 Механические свойства при высоких и низких температурах [3].

Таблица 4

Свойства	Температура испытания, °C									
	-193	-100	-74	-50	0	+20	+100	+150	+200	+300 +350
$\sigma_{\text{в}}$	8,5	9,0	7,4	9,4	7,0	6,9	7,6	8,1	7,8	7,4 6,3 4,3
$\sigma_{\text{с}}$	29,9	24,5	20,5	19,9	19,3	19,8	19,7	18,1	14,6	11,6 7,5 4,9
ϕ	63,3	66,1	71,8	71,7	69,8	65,0	64,5	70,1	81,3	84,4 91,3 92,4
δ_{10}	50,3	32,4	35,0	31,4	29,8	29,2	30,0	37,6	53,9	55,0 53,8 58,0
δ_{50}	10,8	11,5	12,5	12,6	11,9	10,8	9,7	9,0	9,6	9,9 10,1 11,0

Примечания: 1. Испытания производились на сплаве состава: Mg=2,71; Si=0,18; Mn=0,34; Cu=0,02; Fe=0,29; Zn=0,02; Al — остальное.

2. Образцы размером $d=10$ мм и $l=60$ мм вырезались из прутков диаметром 22 мм.

3 Механические свойства отдельных полуфабрикатов при низких температурах [1].

Таблица 5

Вид полуфабриката	Состояние материала	Температура испытания, °C	$\sigma_{\text{в}}$	ϕ	δ_{10}	δ_{50}
Прутки диаметром 20 мм	Горяче-прессованные	+20	18	61	29	10
		-40	—	—	—	10
		-70	19	68	40	11
		-196	31	57	50	10

4. Модуль нормальной упругости $E = 7000 \text{ кг/мм}^2$ [1].

5. Модуль сдвига $G = 2700 \text{ кг/мм}^2$ [1].

6. Коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$ [1].

7. Механические свойства сварных соединений [3].

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

5. Свариваемость. Сплав хорошо сваривается газовой, атомно-водородной, аргоно-дуговой, точечной и роликовой сваркой.

Рекомендуемая марка присадочного материала — АМц (ГОСТ 7871-56).

Для сварки жестких узлов следует применять проволоку АК (ГОСТ 7871-56), если изделие не работает в агрессивной среде.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления сварных резервуаров для жидкостей и газов (при низких рабочих давлениях), трубопроводов для горячего и смазки, малонагруженных деталей, проложки для заклепок и др.

ИСТОЧНИКИ

- (1) Справочник по алюминиевым материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. Оборониз. М., 1950.
- (2) «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. IV, М., Машгиз, 1947.
- (3) В. П. Батраков. Коррозия конструкционных материалов в агрессивных средах (справочник), 1952.
- (4) Данные НИИ П. 989.

АЛЮМИНИЕВО-МАГНИЕВЫЙ СПЛАВ АМг

Основное назначение: изготовление средненагруженных деталей, проволоки для заклепок и сварки.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %				Примеси %, не более					
	Mg	Mn или Gr	Al	Fe	Si	Fe + Si	Cu	Прочие примеси, %	Среднее	Макс. примес.
АМг	2,0—2,80,15—0,4	ос-таля-ное		0,4	0,4	0,6	0,1	0,1	0,8	

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источники	%, не менее		
			σ _b	δ ₅	σ _т
Листы толщиной 0,3—3 мм	отоженные (АМг АМ)	252АМТУ-48	не бо-лее 23	16	—
Листы толщиной 0,3—	полунагартованные (АМг АП)	То же	24	4	—
Листы толщиной 0,3—	нагартованные (АМг АН)	—	27	3	—
Листы толщиной 0,3—	То же	—	27	4	—

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

4. Модуль сдвига G , кг/мм² [1].

Таблица 6

Состояние материала	G
Нагартованный	2700
Полунагартованный	2700
Отожженный	2700

5. Механические свойства сварных соединений [4].

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9.

б) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез

Таблица 7

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5-6	5-6	6-8
Максимально допустимая прочность на срез, кг	45	120	145

6. Физические свойства

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot ^\circ\text{C}}$ [1].

Таблица 8

Состояние матер.	λ
Нагартованный	0,37
Полунагартованный	0,38
Отожженный	0,45

Алюминиево-марганцевый сплав

АМц

6) Коэффициент линейного расширения α [2].

Таблица 9

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	24,0	24,8	25,9

в) Электропроводность K (в % к электропроводности меди) [1].

Таблица 10

Состояние материала	K
Нагартованный	40
Полунагартованный	41
Отожженный	50

г) Удельный вес $\gamma = 2,73 \text{ г/см}^3$ [1].

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях вполне устойчив.

Сплав поддается анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) и может окрашиваться по грунту АЛГ-1.

В отапливаемом и неотапливаемом складе может храниться без покрытий.

В азотной — по ГОСТ 701-41) и ее парах при температуре -40°C вполне устойчив [3].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Пластичность в отожженном состоянии высокая, в полунагартованном — средняя, в нагартованном — низкая.

2. Обрабатываемость резанием — неудовлетворительная.

3. Температураковкиштамповки $420-475^\circ\text{C}$.

4. Термическая обработка. Сплав термической обработкой не упрочняется.

Отжиг при температуре $350-410^\circ\text{C}$, охлаждение на воздухе.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	δ_{10}	ζ_{cp}
					не менее
Листы толщиной 0,3-0,8 мм	нагартованные (АМцАН)	252 АМТУ-48	не менее 19	1	—
Листы толщиной свыше 0,8-0,8 мм	То же	.	не менее 19	2	—
Листы толщиной свыше 0,8 до 1,2 мм	.	.	не менее 19	3	—
Листы толщиной свыше 1,2 до 4 мм	.	.	не менее 19	4	—
Трубы всех размеров	отожженные (АМцМ)	ГОСТ 4773-49	не более 13	—	—
Трубы всех размеров	нагартованные (АМцН)	.	не менее 14	—	—
Профили всех размеров	отожженные (АМцМ)	258 АМТУ-55	не более 17	16	—
Прутки всех размеров	отожженные или термически необработанные (АМцМ, АМц)	ГОСТ 4783-49	не более 17 (1-5)	20	—
Проволока для заклепок	термически необработанная	АМТУ 332-53	—	—	7)
Листы горячекатаные толщиной 11-25 мм	горячекатаные (АМц Аг А)	АМТУ 347-55	не менее 12)	15)	—
Листы горячекатаные толщиной от 5-10 мм	То же	308 АМТУ-61	не менее 11	15	—

1. От величины сопротивления срезу, является также расчетной для заклепок

2. Механические свойства определяются на образцах, вырезанных из поверхностного слоя листа в направлении поперек проката

Алюминиево-марганцевый сплав

АМц

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				Сред.	H_b
	σ_s	σ_s	δ_{10}	ψ	ζ_{cp}	
Нагартованный (АМцН)	18	22	5	50	11	55
Полунагартованный (АМцП)	13	17	10	55	10	40
Отожженный (АМцМ)	5	13	23	70	8	30

2. Механические свойства при высоких температурах [2].

Таблица 4

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °C					
		25	150	200	260	315	370
σ_s	отожженный	11,5	8,0	5,5	4,0	3,0	2,0
	полунагартованный	15,0	12,5	10,0	7,5	4,0	2,0
δ_{10}	отожженный	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
	полунагартованный	13,0	10,5	6,5	3,5	2,0	1,5
ψ	отожженный	40,0	47,0	50,0	60,0	60,0	60,0
	полунагартованный	16,0	17,0	22,0	25,0	40,0	60,0

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1].

Таблица 5

Состояние материала	E
Нагартованный	7100
Полунагартованный	7100
Отожженный	7100

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА [1]

1. Пластичность высокая.
2. Обрабатываемость резанием неудовлетворительная.
3. Термическая обработка. АД и АД1 термической обработкой не упрочняются. Отжиг при температуре 350—410° С.
4. Свариваемость. Материал хорошо сваривается газовой, атомно-водородной, аргоно-дуговой сваркой — и удовлетворительно — точечной сваркой.

Рекомендуемая марка присадочной проволоки — АД1 (АМТУ 332-53).

Для сварки жестких узлов следует применять проволоку марки АК (ГОСТ 7871-56), если изделие не работает в агрессивной среде.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления элементов конструкций, не несущих нагрузки и требующих применения материала с высокими пластическими свойствами, с хорошей свариваемостью, высоким сопротивлением коррозии, высокой теплопроводностью (защитные трубки, провода электропередач, прокладки, мембраны и т. д.).

ИСТОЧНИКИ

1. Справочник по авиационным материалам. Конструкционные материалы. Т. 1. М., Оборонгиз, 1950.
2. «Материаловедение». Энциклопедический справочник. Т. IV. М., Машиностроение, 1967.
3. Данные НИИ. П. в. 989.
4. С. М. Баранов. Деформируемые алюминиевые сплавы. Вып. 34. М., Машина, 1961.

АЛЮМИНИЕВО-МАРГАНЦЕВЫЙ СПЛАВ АМц

Основное назначение: малонагруженные детали, изготавливаемые глубокой вытяжкой и сваркой; проволока для заклепок.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основные компоненты, %		Примеси %, не более						
	Mn	Al	Fe	Si	Cu	Mg	Zn	прочие примеси	сумма всех примесей
АМц	1—1,6	остальное	0,7	0,6	0,2	0,05	0,1	0,1	1,75

Примечание. В случае применения для заклепочной проволоки сплав не должен содержать цинка.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0,2}$		$\sigma_{\text{ср}}$
				не менее		
Листы толщиной 0,3—3 мм	отожженные (АМцАМ)	252 АМТУ-48	11—15	20	—	—
Листы толщиной свыше 3 до 6 мм	То же	—	11—15	18	—	—
Листы толщиной 0,3—3 мм	полунагартованные (АМцАП)	—	15—22	6	—	—

1 Деформируемые алюминиевые сплавы

7. Механические свойства алюминия в зависимости от степени холодной деформации [4].

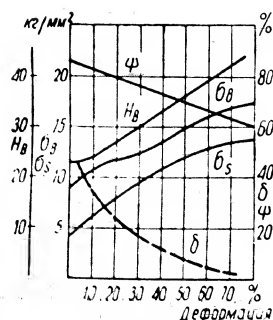


Рис. 1

Технический алюминий

АД1, АД

8. Механические свойства сварных соединений [3]. Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением 0,9.

9. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [1].

Таблица 6

Состояние материала	λ
Нагартованный	0,52
Отожженный	0,54

б) Коэффициент линейного расширения α [2].

Таблица 7

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-300
$\alpha \cdot 10^6$	24,0	24,8	25,9

в) Электропроводность K (в % к электропроводности меди) [1].

Таблица 8

Состояние материала	K
Нагартованный	57
Отожженный	59

г) Удельный вес $\gamma = 2,71 \text{ г/см}^3$ [1].

10. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях вполне устойчив. АД1 и АД поддаются анодированию по РМО 750-56 (в соответствии с НО 288-54) или окраске по грунту АЛГ-1.

В отапливаемом и неотапливаемом складе может храниться без покрытия.

1. Деформируемые алюминиевые сплавы

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s δ_{10} $\sigma_{\text{Ф}}$		
			не менее		
Трубы холоднокатаные всех размеров	отожженные (АД1М, АДМ)	ГОСТ 4773-49	не бо- лее 12	20	—
Трубы холоднокатаные всех диаметров, толщина стенки до 2 мм	нагартованные (АД1Н, АДН)	то же	11	4	—
Трубы холоднокатаные всех диаметров, толщина стенки 2,5—5 мм	то же	.	10	5	—
Проволока для запяток	.	АМТУ 332-53	—	—	6

Примечание. Указанным механическим свойствам должны удовлетворять образцы, вырезанные в любом направлении волокала.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(не входящие в ту и т. 5)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 3

Состояние материала	Растяжение				H_0
	$\sigma_{\text{Ф}}$	σ_s	δ_{10}	δ	
Нагартованный	10	14	6	60	32
Отожженный	3	8	35	80	25

Технический алюминий

АД1, АД

2. Механические свойства отдельных полуфабрикатов при низких температурах [1].

Таблица 4

Вид полуфабриката	Температура испытания, °С	σ_s	δ_{10}
Листы толщиной 1,5 мм	+20	8,0	36,0
	-70	10,5	43,0
	-196	17,5	51,0

3. Механические свойства при высоких температурах [2].

Таблица 5

Свойства	Состояние материала	Температура испытания, °С					
		25	150	200	260	315	370
σ_s	отожженный	9,0	5,5	4,0	2,5	2,0	1,0
	нагартованный	12,0	9,0	6,5	2,5	2,0	1,0
$\sigma_{0,2}$	отожженный	3,5	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5
	нагартованный	10,0	7,0	4,5	1,5	1,0	0,5
δ	отожженный	45,0	65,0	70,0	85,0	90,0	95,0
	нагартованный	20,0	22,0	25,0	85,0	90,0	95,0

Примечание. Время выдержки при температуре испытания определялось по наступлению постоянства свойств.

4. Модуль нормальной упругости $E = 7100 \text{ кг/мм}^2$ [1].

5. Модуль сдвига $G = 2700 \text{ кг/мм}^2$ [1].

6. Коэффициент Пуассона $\mu = 0,31$ [1].

ТЕХНИЧЕСКИЙ АЛЮМИНИЙ АД1, АД

Основное назначение: применяется в тех случаях, когда требуется высокая пластичность, коррозионная стойкость и хорошая свариваемость при низкой прочности.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1.1. Химический состав (ГОСТ 4784-49).

Таблица 1

Марка сплава	Основной компонент, %		Примеси, %, не более							
	Al	Fe	Si	Fe+Si	Cu	Mg	Mn	Zn	прочие примеси, %	прочие примеси, %
АД1	99,3	0,3	0,35	0,6	0,05	—	—	—	0,1	0,7
АД	98,8	0,5	0,55	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,2

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.01}$
не менее					
Листы толщиной от 0,3 до 0,8 мм	ототоженные (АД1М, АД1)	252 АМТУ-48	не более 11	20	
Листы толщиной свыше 0,8 до 10 мм	то же	то же	не более 11	25	
Листы толщиной от 3 до 10 мм	отнагартованные (АД1Н, АД1Н)		11	6	
Прутки всех размеров	ототоженные или термически обработанные (АД1М, АД1)	ГОСТ 4783-49	не более 11	25	1-5

1. ДЕФОРМИРУЕМЫЕ
АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ

СПРАВОЧНИК
ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ
МАТЕРИАЛАМ

ЧАСТЬ II

ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

*Под общей редакцией
канд. техн. наук В. Н. Норданского*

ДОМ ТЕХНИКИ
МОСКВА—1957

Срп	Српска	Национално	Српски унитар
186	Табла 2	1000 5543 50	
187	Табла 8	00 000 00	
188	Табла 8	00 000 00	
189	Табла 8	00 000 00	
190	Табла 8	00 000 00	
191	Табла 8	00 000 00	
192	Табла 8	00 000 00	
193	Табла 8	00 000 00	
194	Табла 8	00 000 00	
195	Табла 8	00 000 00	
196	Табла 8	00 000 00	
197	Табла 8	00 000 00	
198	Табла 8	00 000 00	
199	Табла 8	00 000 00	
200	Табла 8	00 000 00	
201	Табла 8	00 000 00	
202	Табла 8	00 000 00	
203	Табла 8	00 000 00	
204	Табла 8	00 000 00	
205	Табла 8	00 000 00	
206	Табла 8	00 000 00	
207	Табла 8	00 000 00	
208	Табла 8	00 000 00	
209	Табла 8	00 000 00	
210	Табла 8	00 000 00	
211	Табла 8	00 000 00	
212	Табла 8	00 000 00	
213	Табла 8	00 000 00	
214	Табла 8	00 000 00	
215	Табла 8	00 000 00	
216	Табла 8	00 000 00	
217	Табла 8	00 000 00	
218	Табла 8	00 000 00	
219	Табла 8	00 000 00	
220	Табла 8	00 000 00	
221	Табла 8	00 000 00	
222	Табла 8	00 000 00	
223	Табла 8	00 000 00	
224	Табла 8	00 000 00	
225	Табла 8	00 000 00	
226	Табла 8	00 000 00	
227	Табла 8	00 000 00	
228	Табла 8	00 000 00	
229	Табла 8	00 000 00	
230	Табла 8	00 000 00	
231	Табла 8	00 000 00	
232	Табла 8	00 000 00	
233	Табла 8	00 000 00	
234	Табла 8	00 000 00	
235	Табла 8	00 000 00	
236	Табла 8	00 000 00	
237	Табла 8	00 000 00	
238	Табла 8	00 000 00	
239	Табла 8	00 000 00	
240	Табла 8	00 000 00	
241	Табла 8	00 000 00	
242	Табла 8	00 000 00	
243	Табла 8	00 000 00	
244	Табла 8	00 000 00	
245	Табла 8	00 000 00	
246	Табла 8	00 000 00	
247	Табла 8	00 000 00	
248	Табла 8	00 000 00	
249	Табла 8	00 000 00	
250	Табла 8	00 000 00	
251	Табла 8	00 000 00	
252	Табла 8	00 000 00	
253	Табла 8	00 000 00	
254	Табла 8	00 000 00	
255	Табла 8	00 000 00	
256	Табла 8	00 000 00	
257	Табла 8	00 000 00	
258	Табла 8	00 000 00	
259	Табла 8	00 000 00	
260	Табла 8	00 000 00	
261	Табла 8	00 000 00	
262	Табла 8	00 000 00	
263	Табла 8	00 000 00	
264	Табла 8	00 000 00	
265	Табла 8	00 000 00	
266	Табла 8	00 000 00	
267	Табла 8	00 000 00	
268	Табла 8	00 000 00	
269	Табла 8	00 000 00	
270	Табла 8	00 000 00	
271	Табла 8	00 000 00	
272	Табла 8	00 000 00	
273	Табла 8	00 000 00	
274	Табла 8	00 000 00	
275	Табла 8	00 000 00	
276	Табла 8	00 000 00	
277	Табла 8	00 000 00	
278	Табла 8	00 000 00	
279	Табла 8	00 000 00	
280	Табла 8	00 000 00	
281	Табла 8	00 000 00	
282	Табла 8	00 000 00	
283	Табла 8	00 000 00	
284	Табла 8	00 000 00	
285	Табла 8	00 000 00	
286	Табла 8	00 000 00	
287	Табла 8	00 000 00	
288	Табла 8	00 000 00	
289	Табла 8	00 000 00	
290	Табла 8	00 000 00	
291	Табла 8	00 000 00	
292	Табла 8	00 000 00	
293	Табла 8	00 000 00	
294	Табла 8	00 000 00	
295	Табла 8	00 000 00	
296	Табла 8	00 000 00	
297	Табла 8	00 000 00	
298	Табла 8	00 000 00	
299	Табла 8	00 000 00	
300	Табла 8	00 000 00	

6. Чугуны

Наличие структурно-свободного цементита не допускается. По НИИ-213-55: основная масса — перлит, фосфидная эвтектика допускается в виде отдельных изолированных мелких включений и отдельных участков согласно шкале, графит должен быть равномерно распределен в соответствии с эталонными снимками шкалы.

В структуре отливок не должно быть: структурно-свободного цементита и феррита, графитистой эвтектики и размельченного (междендритного) графита, фосфидной эвтектики в виде равно или замкнутой сетки, сильно выраженной дендритности и кустообразного графита, скоплений и больших участков тройной фосфидной эвтектики (согласно шкале).

Излом чугуна должен быть серым, без признаков отбела.

Рекомендуемый припуск на обработку должен быть не менее 2,5 мм.

3 Свариваемость. Чугун сварке не подвергается ввиду структурных изменений в околошовных зонах.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для деталей, работающих на износ.

Чугун марки СЧЦ-1-С — 55 применяется в случаях повышенных нагрузок.

Типичный пример применения — планки шестеренчатого насоса.

ИСТОЧНИКИ

(И. О. Цивилев, В. Г. Мах. Легированный антифрикционный чугун. Металлургия, 1948)

2. НИИ-213-55 (Нормы НИИ. П/а 989).

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
11	6 снизу	линейного	линейного
74	Над табл. 6	расширения d [5]	расширения d [5]
85	2 сверху	выразились из листа	вырезались из листа
88	4 сверху	0,011%	0,011%
116	Головка таблицы 3	d_1 и d_2	d_1
121	6 снизу (заголовок)	III Технические свойства [4]	III Технологические свойства [4]
124	Табл. 2	не менее	не менее 4,1
124	1-я строка сверху		
126	2 снизу	Mn 0,30	Mn — 0,90
134 и 135	Таблица 2 (головка)	d_1	d_1
135	Табл. 2	не менее 4	не менее 4,0
135	1-я строка сверху		
138	1-я снизу	температуры	температуры отпуски
144	2 снизу	σ_t 0,26	σ_t 0,96
148	7 сверху	Последняя фраза этого абзаца относится ко всем видам сварки	Последняя фраза этого абзаца относится ко всем видам сварки
154	Табл. 2 последняя графа	(d_{10}) 1%	15 (d_{10})
155	1 и 3 сверху	стали 12X5H1A	стали 12X5MA
156	5 сверху	находящимся	находящимся
156	21 сверху	Последняя фраза этого абзаца относится ко всем видам сварки	Последняя фраза этого абзаца относится ко всем видам сварки
159	Табл. 5	1-я строка со ссылкой на поставку	До сварки состояние поставки. После сварки нормализация с отпуском 620°
172	20 снизу	зенту и протяжку	зенту и протяжку
186	1 сверху	Таблица 1	Таблица 2
186	Таблица 2	11	115
186	5 снизу и 6 снизу	и 11	и 115

См. также примечание к таблице 1

ОТЛИВКИ ИЗ АНТИФРИКЦИОННОГО СЕРОГО ЧУГУНА СЧЦ-I-C и СЧЦ-I-C-55

Основное направление — изготовление планок жестеребач-
ного насоса

II. СВОЙСТВА ПО НОРМАЛЯМ

1. Химический состав.

Таблица 1

Норм.	Марка	Содержание элементов, %					
		C	Si	Mn	P	S	не более
ГОСТ 1591-77	СЧЦ-I-C	2,5-3,0	0,8-1,2	0,5-0,8	0,03-0,05	0,01-0,02	0,005
НН 213-55	СЧЦ-I-C-55	2,5-3,0	0,8-1,2	0,5-0,8	0,03-0,05	0,01-0,02	0,005

Примечания: 1. В СЧЦ-I-C содержание от химического со-
става по всем элементам, указанным в таблице не является браковоч-
ным признаком. 2. В СЧЦ-I-C содержание серы и фосфора
по НН 213-55 должно быть не более 0,01% и 0,005% соответственно.
3. В СЧЦ-I-C содержание меди и никеля должно быть не более
0,005% и 0,005% соответственно. 4. В СЧЦ-I-C-55
по НН 213-55.

2. Механические свойства.

Таблица 2

Норм.	Марка	Состояние поверхности	Твердость		Ударная прочность кДж/м ²
			H _{RC}	H _B	
ГОСТ 1591-77	СЧЦ-I-C	Чистая, блестящая	187-211	4-4,3	3,9
НН 213-55	СЧЦ-I-C-55	Чистая, блестящая	187-211	4-4,3	3,9

Примечание: 1. В НН 213-55 граница и диаметр фаски
поверхности, обработанной механически, должны быть не более
0,1 мм и 0,1 мм соответственно. 2. В НН 213-55 граница и диаметр
фаски должны быть не более 0,1 мм.

Отливки из серого чугуна СЧЦ-I-C, СЧЦ-I-C-55

III. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(не входящий в нормаль)

1. **Физические свойства.** (См. Отливки из серого чугуна марок СЧ18-36 и СЧ15-32)
2. **Коррозионная стойкость.** В атмосферных условиях чугун СЧЦ-I-C умеренно устойчив; применяется при дополнительной защите, главным образом по ИО 544-55 (лакокрасочные покрытия).

Удовлетворительно устойчив в щелочах.
В азотной кислоте любой концентрации не устойчив.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Плавка, разливка и термическая обработка.** Плавка производится в вагранке или электропечи.

При ваграночном методе производства чугуна наблюдается склонность к образованию повышенного количества крупнопластинчатого графита на периферии отливки. При плавке чугуна того же химического состава в электропечи с индукционным нагревом часто получается нежелательная структура мелкого точечного «веткистого» графита. Модифицирование чугуна производится 75 процентным ферросилицием, который вводится на дно ковша перед разливкой.

Плавка чугуна в электропечи дает лучшие результаты. Для правильного модифицирования емкость ковша должна быть согласована с температурой выпуска чугуна и степенью разливки по формам.

Перегрев жидкого металла допускается до температуры 1430-1450. Температура разливки металла 1320-1350°.

Заливка металла производится в землю.

Отжиг и закалка не применяются, для снятия напряжений обязательным является старение при температуре 500-550° в течение 3-4,5 часов, которое производится после предварительной обдирки.

2. **Структура.** По НН 80- основная масса структуры перлит, фосфидная эвтектика допускается в виде отдельных мелких включений, в соответствии с эталонными снимками ГОСТ 3413-46 № 31, № 35, феррита, равномерно распределенного до 5%, графит в закристаллизовавшихся пластинках, равномерно распределенных (в соответствии с эталонными снимками № 9, 10, 11, 15 и 20 ГОСТ 3413-46).

0. Чугун

5. **Коррозионная стойкость.** В атмосферных условиях чугун мало устойчив.

Применяется при дополнительной защите, главным образом по НО.544-55 (лакокрасочные покрытия). Чугун с литейной коркой (с необработанной поверхностью) в атмосферных условиях умеренно устойчив.

Применяется также цинкование, оксидирование и кадмирование, но покрытия сильно пористы и обладают значительно худшими защитными свойствами по сравнению с аналогичными защитными покрытиями на сталях.

В азотной кислоте любой концентрации чугун неустойчив.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Плавка, разливка и термическая обработка.** Плавка чугуна ведется в нагретке или в электропечи; температура заливки 1250 - 1350°, отливка чугуна производится центробежным способом или в землю.

Линейная (действительная) усадка чугуна составляет 1%.

Отжиг и закалка не применяются.

Для снятия напряжений после обделки производится искусственное старение при температуре 500 - 550° с выдержкой 2 часа.

2. **Макроконтроль.** Контроль макроструктуры на наличие раковин производится на обработанных поверхностях отливок. Излом чугуна должен быть серым.

3. **Свариваемость.** Сварка чугуна производится в ремонтных целях (заварка раковин, трещин и т. д.).

Выбор способа и технологии сварки (горячая, полуторная или холодная сварка) зависит от веса изделия, его конфигурации и места расположения дефекта.

Рекомендуемые материалы:

а) при газовой сварке — присадочный материал — чугунные прутки по ГОСТ 2671-44 марок «А» и «Б» или сварочная проволока: Zn — 88, 40; Sn — 0,9; 1,1; Fe — 0,5; 1,0; Mn — 0,4 — 0,8; Cu — 59 — 61, флюс — бура.

б) при дуговой сварке — электроды ОМ4-1, УБТМ с электродами —ержетем из чугуна по ГОСТ 2671-44 марки «Б», электроды из монель-металла, меди, жидкотекучие электроды.

Примечание. Медь жидкотекучие электроды для сварки чугуна, содержащий литий, применять не рекомендуется.

-16-

Отливки из серого чугуна СЧ10-06, СЧ15-32

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Серый чугун марок СЧ15-32 и СЧ18-36 применяется для деталей, работающих под средним напряжением и на износ при малых удельных давлениях ($P \approx 5 \text{ кг/см}^2$).

Типичные примеры применения:

Чугун марки СЧ15-32 — уравновешивающий груз.

Чугун марки СЧ18-36 — уплотнительные кольца и сегменты.

ИСТОЧНИКИ

- [1] «Машиностроение» Энциклопедический справочник. Т. IV, Машгиз, 1947.
- [2] Богачев. Металлография чугуна. 1952.

С. Чусовый

3. Влияние микроструктуры и термической обработки на механические свойства серых чугунов

а) Изменение механических свойств в зависимости от структуры и формы графита [2]

Таблица 4

Механические свойства	Пластинчатый графит		Междендритный графит		Глобулярный графит	
	структура		структура		структура	
	перлитная	ферритная	перлитная	ферритная	перлитная	ферритная
предел прочности	18-17	12-15	17-20	10-17	30-80	30-45
в %	0,2-0,5	0,3-1,0	0,1-0,10	0-0,1	1-6	8-15
протянутость	8-10	14-16	12-15	14-16	12-15	14-16
в %	10-15	15-20	15-20	15-20	15-20	15-20
ударная вязкость	0,2-1,0	1-10	0,1-0,5	0,5-1,0	1-3	5-10
на образцах 20x2x50 мм						
резулт. кДж/см ²						

б) Влияние количества графита на изменение предела прочности при растяжении [2]

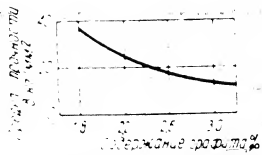


Рис. 143

Отливки из серого чугуна

СЧ18-30, СЧ15-32

в) Изменение предела прочности литого и отожженного чугуна в зависимости от толщины образца [2]

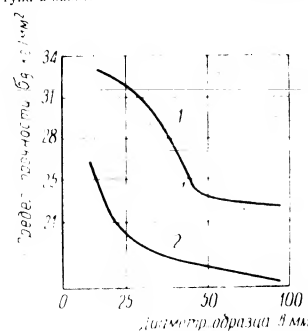


Рис. 144

1 — литое состояние (перлит + графит)
2 — отожженное состояние (феррит + графит)

4. Физические свойства [1]

а) Теплопроводность λ 100-400° 0,12-0,16 $\frac{\text{кал}}{\text{см сек град}}$

б) Теплоемкость C

100-400° 0,135 $\frac{\text{кал}}{\text{г град}}$

400-500° 0,143 $\frac{\text{кал}}{\text{г град}}$

в) Удельное электросопротивление структурных составляющих серого чугуна:

феррита 0,104 $\frac{\text{ом мм}^2}{\text{м}}$

перлита 0,2 $\frac{\text{ом мм}^2}{\text{м}}$

цементита 1,4 $\frac{\text{ом мм}^2}{\text{м}}$

графита (отжига) 1,5 $\frac{\text{ом мм}^2}{\text{м}}$

г) Удельный вес γ серого чугуна — 7,0 $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Химический состав (типичный) [1]

Таблица 2

Содержание элементов, %					
C общий	C связан- ный	Mn	Si	S	P
3,2-3,5	0,3-0,6	0,7-0,8	1,5-2,0	не более 0,12	0,4-0,5

2. Механические свойства при повышенных и пониженных температурах:

а) Влияние температуры на изменение предела прочности серых чугунов [2]

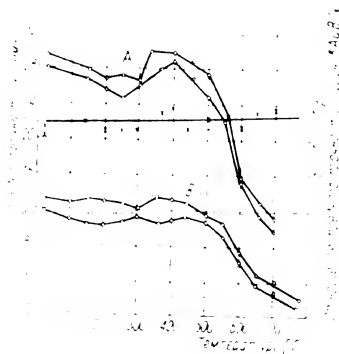


Рис. 141

б) Влияние температуры на изменение предела прочности при сжатии серых чугунов [2].

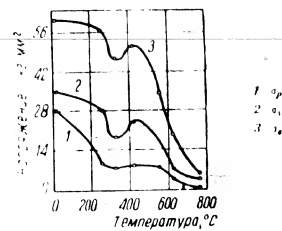


Рис. 142

в) Изменение предела прочности серых чугунов при пониженных температурах [2]

Таблица 3

Модуль чугуна	Температура °C			
	+20	20	-80	180
1	11,5	15,3	-	-
2	21,8	21,3	-	-
3	15,3	15,7	17,0	17,35
4	12,6	13,3	-	14,60
5	15,3	15,6	17,0	17,30

Порог хладноломкости у серого чугуна практически не наблюдается.

ОТЛИВКА ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА СЧ16-32, СЧ18-36

Основное назначение — изготовление отливок из серого чугуна средней прочности без последующей термической обработки.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1412-54). Химический состав для отливок из серого чугуна не оговаривается. В отдельных случаях он может предусматриваться в ТУ на конкретное изделие.

2. Механические свойства.

Таблица 1

Вид полуфабри- ката	Состояние поставки	Источник	$\sigma_{\text{т}}$ при растяжении $\sigma_{\text{с}}$ при сжатии $\sigma_{\text{ср}}$ при сдвиге				Стрела про- гиба, мм при рас- стоянии между опорами	H _в
			не менее					
Отливки в земле	Литые без термообра- ботки	ГОСТ 1412-54	15-32	8,0	2,5	163-229		
То же	То же	То же	18-36	8,0	2,5	170-229		

Примечания. 1. Механические испытания производятся на отдельно отлитых образцах. Разрывные образцы могут быть вырезаны из отливки, если это оговаривается в ТУ.
2. Твердость отливок определяется в местах, указанных в чертежах или ТУ.

6. ЧУГУНЫ

5. Пружинные стали

а. Физические свойства.

а) Коэффициент линейного расширения α [2]

Таблица 6

Интер- вал тем- ператур, °C	20-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-650
$\alpha \cdot 10^6$	12,4	12,8	13,4	13,9	14,2	14,5	14,7

Химический состав: С — 0,53; Mn — 0,8; Si — 1,02; V — 0,17.

б) Критические точки: A_1 — 752; A_c — 746; A_{cm} — 788; A_r — 688 [2].

10. Коррозионная стойкость. Сравнительно небольшие поперечные размеры проволоки, идущей для изготовления пружин, делают ее весьма чувствительной к различным повреждениям, вызванным коррозионным разрушением. Наклей сильно снижает устойчивость стали против атмосферной коррозии. Повышение стойкости против коррозии достигается улучшением качества поверхности проволоки и защитными покрытиями. Для защиты от коррозии применяются покрытия фосфатом ФП (ГО 270-54), цинком и кадмием (ГО 273-54 и ГО 274-54). Выбрав покрытие и его толщину определяется условия работы пружин.

При гальваническом цинковании и кадмировании происходит растворение металла пружин, что приводит к повышению их хрупкости. Для восстановления свойств пружин необходимо проводить дополнительный их нагрев (после цинкования) при температуре 180—200°.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка и горячая деформация. Сталь выплавляется в кислородных мартеновских и электрических печах. Горячая прокатка пружин, проволоки, лент и других профилей не вызывает затруднений. Температурный интервал горячей деформации — 1150—800°. Охлаждение послековки и проката для предотвращения коробления и деформации рекомендуется проводить в масле.

Сталь хромованадиевая, пружинная

50ХФА

2. Обрабатываемость резанием [5]. Относительная обрабатываемость при H_R 183—241 по сравнению со сталью А12 составляет 45%.

3. Термическая обработка.

Таблица 7

Операция	Температура, °C	Охлаждение
Нормализация	860—880	На воздухе
Высокий отпуск	700—720	На воздухе
Отжиг	810—830	С печью
Закалка	850—870	В масле
Отпуск	350—420	На воздухе

Для предохранения от обезуглероживания нагрев стали рекомендуется производить в соляных ваннах. Сталь подвержена отпускной хрупкости.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

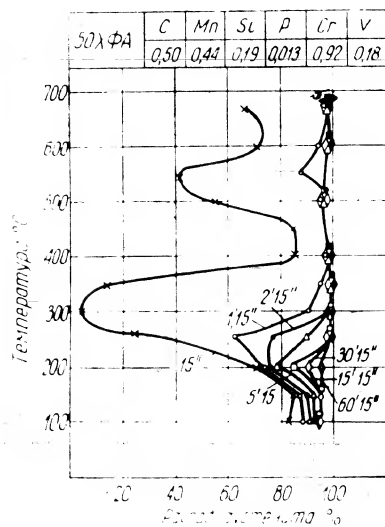
Сталь применяется для изготовления термически обрабатываемых высоконапряженных пружин, работающих при циклических нагрузках.

ИСТОЧНИКИ

- 1) Данные НИИ П-621.
- 2) «Конструкционные стали». Справочник. Т. 1. Металлургиздат, 1947.
- 3) Данные завода «Электросталь». 1937.
- 4) Автомобильные конструкционные стали. Справочник. Машигиз, 1961.
- 5) «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Машигиз, 1947.

5. Пружинные стали

7. Изотермическое превращение аустенита [1].

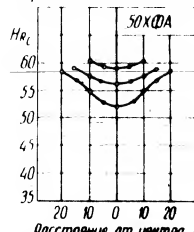


Сталь хромованадиевая, пружинная

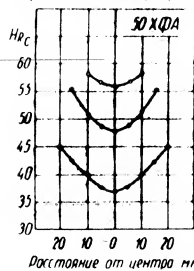
80XΦА

8. Прокаливаемость [1].

Твердость после закалки в воде с 860°



Твердость после закалки в масле с 860°

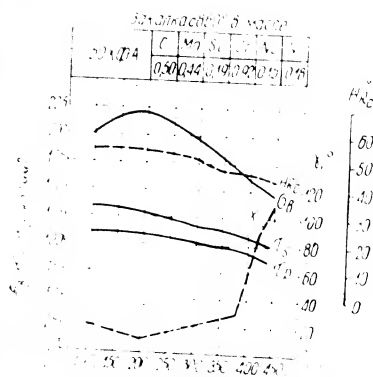


Химический состав, %						
C	Mn	Si	P	S	Cr	V
0,50	0,44	0,19	0,013	0,016	0,92	0,18

Рис. 140.

5 Пружинные стали

4. Механические свойства при кручении [1]



Сталь хромованадиевая, пружинная 50ХФА

5. Предел выносливости (усталости) при изгибе σ_{-1} кг/мм² [4]

Таблица 4

Режим термообработки	σ_{-1}	σ_s	σ_k	δ	ψ	A_k	Состав стали
Отжиг 900°	31,3	71,6	36,2	25,5	48,5	2,21	C=0,55%
Закалка 900° вода + отпуск 480° — вода	66,5	141,3	116,0	13,3	58,5	1,36	Cr=0,99%
То же, отпуск 600°	61,7	115,6	91,1	15,5	50,5	1,96	V=0,19%

6. Модуль нормальной упругости E и модуль сдвига G [5]

Таблица 5

Характеристики	Температура отпуска, °C						
	без отпуска	100	200	300	400	450	500
E , кг/мм ²	19800	20000	—	20500	—	21200	—
G , кг/мм ²	8280	—	—	8150	8420	—	8530

5. Пружинные стали

2. Влияние условий изотермической заковки на механические свойства [1]

Таблица 3

Термообработка			Механические свойства						
Температура заковки, °C	Скорость деформации, сек/мм	Температура отпуска, °C	σ_s	σ_b	δ	ψ	a_k	R_f	
50	180	210	148,7	199,2	220,0	10,0	37,7	3,7	52
		400	144,0	177,4	165,7	9,7	49,1	4,1	46
80	24	270	150,1	187,0	209,2	9,5	47,4	4,0	51
		400	141,0	168,6	175,7	9,2	43,9	3,8	46
800	—	200	142,0	174,1	169,5	9,2	52,3	8,3	36
		400	141,0	169,8	174,1	10,7	52,7	8,7	35
—	—	270	171,2	177,9	211,0	9,5	44,7	5,8	42
		400	168,7	160,0	160,0	9,2	44,0	5,7	40
800	—	270	170,0	175,0	194,1	9,5	47,5	4,9	46
		400	170,0	167,7	167,6	10,0	45,9	4,5	44
800	—	400	142,0	160,8	162,8	11,0	51,0	8,3	35
		400	140,0	144,8	149,1	11,0	49,0	8,8	34
800	—	400	142,2	148,0	148,8	11,0	47,0	8,6	34
		400	144,8	144,0	149,9	11,2	46,0	8,7	34
800	—	400	167,9	171,0	183,1	10,2	57,0	8,5	32
		400	171,7	177,0	183,7	11,2	57,7	9,1	32
800	—	400	167,0	177,0	177,0	22,2	60,7	11,2	14
		400	167,1	177,0	177,0	24,0	60,0	11,0	13

Сталь хромованадиевая, пружинная

50ХФА

3. Механические свойства при повышенных температурах [1]

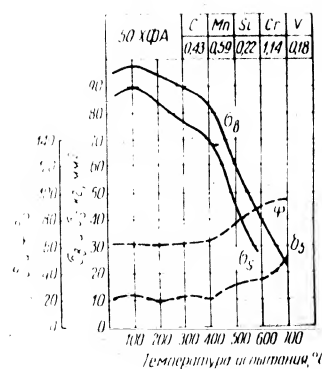


Рис. 137.

СТАЛЬ ХРОМОВАНАДИЕВАЯ, ПРУЖИННАЯ 50ХФА

Основное назначение — качественная сталь для изготовления пружин особо ответственного назначения, подвергающихся термической обработке.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ**1. Химический состав (ГОСТ 2052-53).**

Таблица 1

Содержание элементов, %							
C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	V
не более							
0,46—0,54	0,5—0,8	0,12—0,37	0,030	0,035	0,40	0,8—1,16	0,10—0,20

По требованию заказчика сталь может поставляться с сульфидными до 0,5% пределами содержания углерода и пониженными против указанных норм пределами содержания серы и фосфора.

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

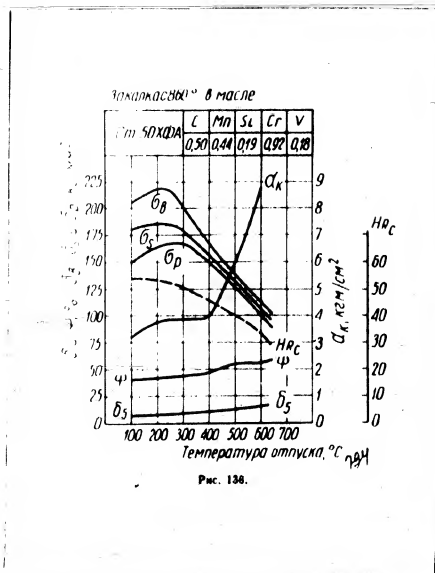
Вид полуфабриката	Состояние	Источник	Размер, мм	σ_b	σ_s	R_m
пружина	поставки		мм	кгс/мм ²	кгс/мм ²	кгс/мм ²

Проволока с без термической обработки — 1004-47 0,5—14 — 33

То же термически обработанная — 1004-47 0,5—14 — 33

Сталь хромованадиевая, пружинная**50ХФА****II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА**

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [1].

5. Пружинные стали

11. Критические точки: $A_{c1} = 770^\circ$; $A_{r1} = 675^\circ$; $A_{c3} = 820^\circ$; $A_{r3} = 700^\circ$ [2].

12. Коррозионная стойкость. Сравнительно небольшие размеры проволоки и ленты, идущих для изготовления пружин, делают их весьма чувствительными к различным повреждениям, вызванным коррозионным разрушением. Наклеп сильно понижает устойчивость стали против атмосферной коррозии.

Повышение стойкости против коррозии достигается улучшением качества поверхности стали и защитными покрытиями пружин.

Для защиты от коррозии пружин применяется покрытие фосфатом ФП (ГО 270-54), цинком и кадмием (ГО 273-54 и ГО 274-54). Выбор покрытия и его толщины определяется условиями работы пружин.

При гальваническом цинковании и кадмировании происходит наводороживание металла пружин, что приводит к повышению их хрупкости. Для восстановления свойств пружин необходимо производить дополнительный их нагрев после защитных покрытий при температуре $180-200^\circ$.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных электрических или мартеновских печах и основных печах. Горячая прокатка прутков, проволоки, ленты и других профилей не вызывает затруднений.

Температурный интервал горячей деформации $1200-800^\circ$. Сталь обладает пониженной пластичностью при холодной деформации. Холодная прокатка проволоки и ленты производится с необходимыми степенями обжатия.

2. Термическая обработка.

Таблица 4

Операция	Температура, $^\circ\text{C}$	Охлаждение
Отжиг	$650-680$	С водой
Нормализация	$840-900$	На воздухе
Закалка	$940-960$	В масле
Отпуск	$470-500$	На воздухе

Сталь вольфрамкремнистая, пружинная

68С2ВА

Для предохранения от обезуглероживания нагретой стали рекомендуется производить в соляных ваннах. Сталь мало подвержена отпускной хрупкости.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

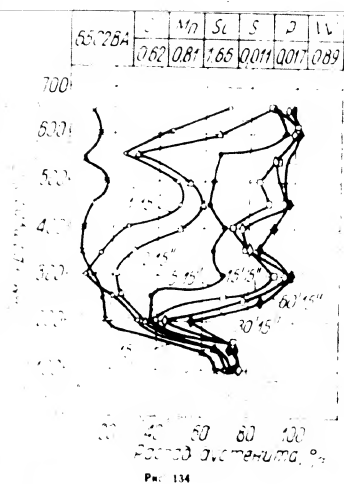
Сталь применяется для изготовления термически обрабатываемых пружин, работающих в условиях динамических нагрузок при высоких скоростях деформирования.

ИСТОЧНИКИ

- 1) Данные НИИ. П/м 621.
- 2) Р. М. Хантрос. Отчет НИИ. П/м 621, 1940.

5. Прокатная сталь

9. Изотермическое превращение аустенита [1].

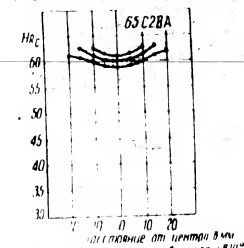


Сталь полифракционная, прокатная

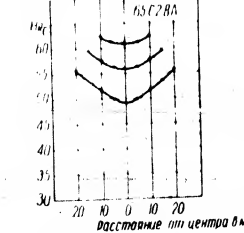
65C2BA

10. Прокаливаемость [1].

Глубина после закалки в воде с 810°



Глубина после закалки в масле с 810°



Химический состав, %		остаток, %	
C	Mn	P	S
0.61	0.75	0.016	0.011
Si	Ni	Cu	N
1.65	0.15	0.01	0.00

Рис. 135

5. Пружинные стали

Механические свойства при кручении (1)

Ст 65С2ВА	C	Mn	Si	P	S	W
	0.52	0.81	1.66	0.017	0.011	0.89

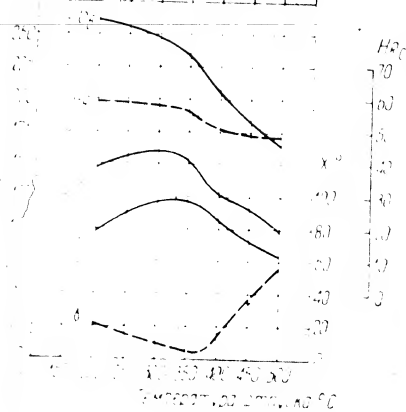


Рис. 132

Сталь кобальтмокремнистая, пружинная

65С2ВА

8. Механические свойства при кручении

Закалка 860° в масле

Ст 65С2ВА	C	Mn	Si	P	S	W
	0.52	0.81	1.66	0.017	0.011	0.89

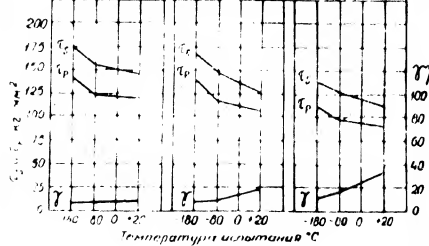


Рис. 133

5. Пружинные стали

4. Механические свойства при повышенных температурах [1].

Закалка 860° в масле при 280°, отпуск 290°

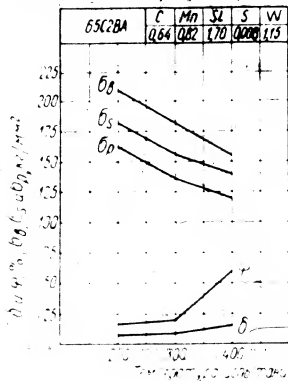


Рис. 129

Сталь полифосфорокремнистая, пружинная

65C2BA

5. Ударная вязкость при низких температурах [1].

Закалка 860° в масле

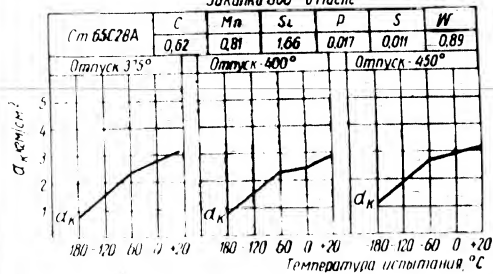


Рис. 130.

6. Ударная вязкость при низких температурах [1].

Закалка 860° в масле при 280°, отпуск 290°

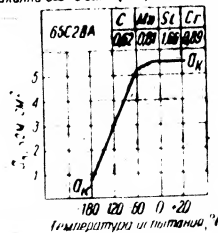


Рис. 131.

3. Пружинные стали

2. Влияние условий изотермической закали на механические свойства [1].

Таблица 3

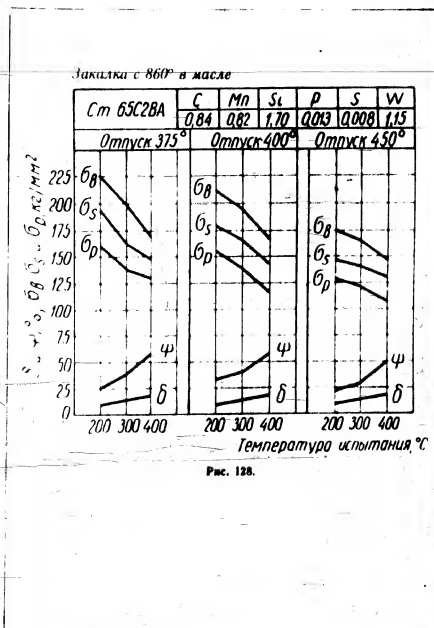
Термообработка		Механические свойства							
Температура закалки, °C	Температура охлаждения сред (секунда)	Температура отпуска, °C	σ_p	σ_s	σ_b	δ	ψ	σ_k	R_c
860	180	210	183,5	211,0	255,0	5,5	9,0	2,3	58
		400	186,5	207,5	220,5	6,2	24,6	3,0	56
860	240	270	206,1	226,5	245,5	4,2	10,0	3,3	59
		400	203,5	213,1	219,1	6,0	20,0	2,8	56
860	260	290	183,5	205,0	222,1	6,7	17,7	4,7	56
		400	188,0	197,0	202,2	7,0	29,1	4,4	53
860	280	310	180,5	196,0	205,0	9,2	39,6	5,6	53
		400	177,0	185,7	191,7	10,0	41,0	5,2	52
860	300	320	152,5	171,7	184,7	11,2	43,9	7,1	49
		400	150,5	164,5	175,0	12,2	34,6	5,3	48
860	320	340	148,2	158,2	165,7	13,2	44,4	8,1	47
		400	143,0	152,0	161,9	14,5	43,8	5,8	46
860	340	360	128,0	139,0	151,5	18,5	44,2	8,3	44
		400	129,4	134,5	153,2	14,2	43,2	5,4	43
860	360	отп	102,0	121,8	145,7	28,7	39,8	9,2	42
		380	111,4	127,6	139,0	16,7	43,8	5,0	41
860	380	отп	99,7	111,2	137,5	31,7	31,4	9,1	38
		400	107,2	117,0	136,7	18,2	36,0	5,3	40

Амортизационный эффект исследованной стали.
 $\sigma_{0.2} = 182$, $\sigma_{0.002} = 170$, $R_{0.002} = 0.008$,
 $\psi = 11.2$

Сталь вольфрамистая, пружинная

65С2ВА

3. Механические свойства при повышенных температурах [1].



СТАЛЬ ВОЛЬФРАМОКРЕМНИСТАЯ, ПРУЖИННАЯ 65C2BA

Основное назначение: сортовая качественная сталь для изготовления термически обрабатываемых пружин.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТЫ

1. Химический состав (ГОСТ 2052-53)

Таблица 1

Содержание элементов, %							
C	Mn	S	P	Cr	Ni	W	
0,41-0,49	0,7-1,0	1,0-2,0	0,010-0,035	0,30	0,40	0,8-1,20	не более

Примечание: Допускается содержание кремния $\pm 0,06\%$.

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	H _в , не более
Проволока доволочная и прутки	гартованная	ГОСТ 1769-53	класс 5.0 до 120	302

Проволока диаметром менее 6 мм на твердость не испытывается.

Сталь вольфрамкремнистая, пружинная 65C2BA

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [1].

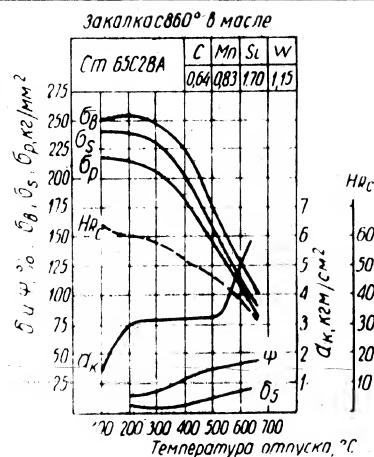


Рис. 127.

5. Прижимные стали

13. **Коррозионная стойкость.** Сравнительно небольшие поперечные размеры проволоки и ленты, идущих для изготовления пружин, делают их весьма чувствительными к различным повреждениям, вызванным коррозионным разрушением. Наклеп сильно повышает устойчивость стали против атмосферной коррозии. Повышение стойкости против коррозии достигается улучшением качества поверхности стали и защитными покрытиями. Для защиты от коррозии пружины применяются покрытия фосфатом ФП (ГО 270-54), цинком и кадмием (ГО 273-54 и ГО 274-54). Выбор покрытия и его толщины определяется условиями работы пружин.

При гальваническом цинковании и кадмировании происходит наводороживание металла пружины, что приводит к повышению их хрупкости. Для восстановления свойств пружины необходимо произвести дополнительный их нагрев после защитных покрытий при температуре 180-200°.

14. Физические свойства.

Временное сопротивление $\sigma_{0.2}$ 770, $\sigma_{0.5}$ 710, $\sigma_{0.1}$ 825.

Удлинение $\delta_{0.2}$ 7-8 %.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка, горячая и холодная деформация.** Сталь выплавляется в обычных электрических или мартеновских кислых и основных печах. Горячая прокатка прутков, проволоки, ленты и других профилей не вызывает затруднений. Температурный интервал горячей деформации 1200-800°. Сталь обладает повышенной пластичностью при холодной прокатке. Холодная прокатка ленты и проволоки сопровождается увеличением степени обжатия.

2. **Обрабатываемость резанием.** При оптимальной обработке резанием $\sigma_{0.2}$ 250, $\delta_{0.2}$ 45 %.

3. Термическая обработка.

Таблица 5

Свойства	Температура, °С	Свойства
Удлинение	22-24	Удлинение
Временное сопротивление	540-560	Временное сопротивление
Удлинение	4-5	Удлинение

Сталь кремнистая, пружинная

80C2A

Для предохранения от обезуглероживания нагретая сталь рекомендуется производить в соляных ваннах. Сталь отпускной хрупкости не подвержена.

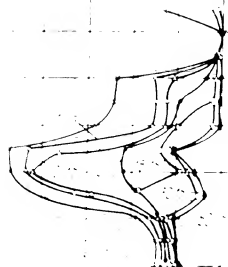
IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления термически обрабатываемых средне- и высоконапряженных пружин, работающих в условиях статических и динамических нагрузок.

ИСТОЧНИКИ

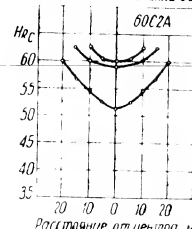
1. Данные НИИ. П/я 621.
2. Л. Я. Либман. Отчет НИИ. П/я 621, 1940.
3. С. М. Баранов. Отчет НИИ. П/я 621, 1940.
4. Т. П. Марголина. Отчет НИИ. П/я 621, 1940.
5. В. Н. Константинов. Производство пружин. Изд. Артакадемия, 1937.
6. С. И. Ильинич. Новые методы расчета пружин. 1946.
7. Р. Я. Хандрос. Отчет НИИ. П/я 621, 1940.
8. Л. И. Куканов. Отчет НИИ. П/я 621, 1945.
9. «Автомобильные конструкционные стали». Справочник. Машиностроение, 1951.

11. Изотермическое превращение аустенита

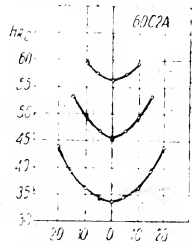


12. Прокаливаемость [1].

Твердость после закалки в масле 850°



Твердость после закалки в масле 850°

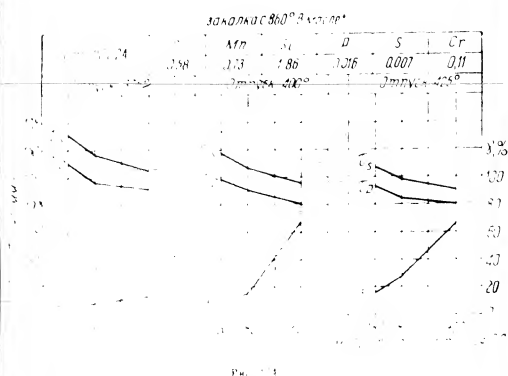


Расстояние от центра, мм

Химический состав %				
С	Мn	Si	Нi	Сu
0.8	0.3	0.3	0.015	0.01

5. Прямые стали

8. Механические свойства при кручении [1]



Предельная выносливость

Сталь кремнистая, пружинная

60CS2A

10. Модуль нормальной упругости E и модуль сдвига G , кг/мм².

Таблица 5

Характери- стики	Вид термообработки									Источник
	За		Отпуск							
	калка	жиг	300°	400°	440°	480°	500°	520°	560°	
1	—	—		21690	21730	21690		21700	21750	[3,2]
2	7920	8150	8130	8290	—	20920	20900		—	[8]
3	—	—		8440	8460	8470	8370	—	—	[4]
4	—	—			8100	8110		8530	8530	[3]
5	—	—						—		[8]

5. Пружинная сталь

4. Механические свойства при повышенных температурах [1]

Закалка 860° в масле, отпуск 400°

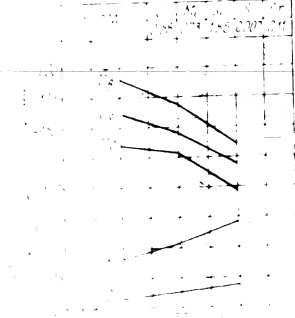


Рис. 120

Ударная вязкость



Рис. 121

Сталь кренчатая, пружинная

60C2A

6. Ударная вязкость при низких температурах [1]

Закалка 860° в масле, отпуск 180° и отпуск 400°

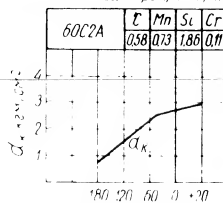


Рис. 122

7. Механические свойства при повышенных температурах [1]

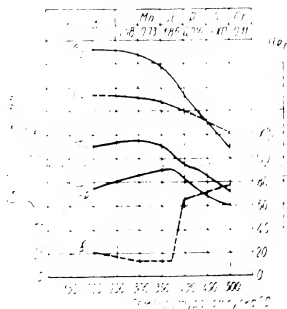


Рис. 123

Влияние условий изотермической закалки на механические свойства [1]

Таблица 3

Температура закалки, °C	Температура охлаждения, °C	Механические свойства						
		σ_B	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.01}$	δ_5	δ_{10}	ψ	R_{σ}
860	380	102,9	112,0	125,6	19,2	57,5	12,3	33
860	400	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	425	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	450	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	475	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	500	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	525	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	550	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	575	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	600	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	625	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	650	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	675	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	700	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	725	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	750	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	775	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	800	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	825	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	850	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	875	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	900	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	925	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	950	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	975	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35
860	1000	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35

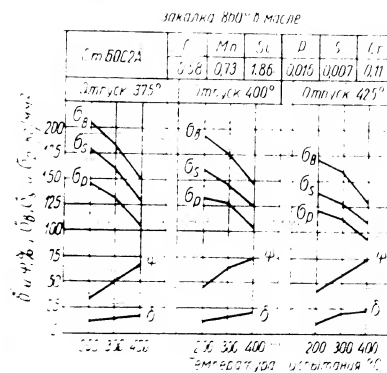
Сталь кремнистая, пружинная 60С2А

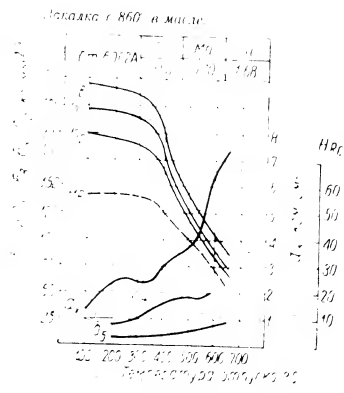
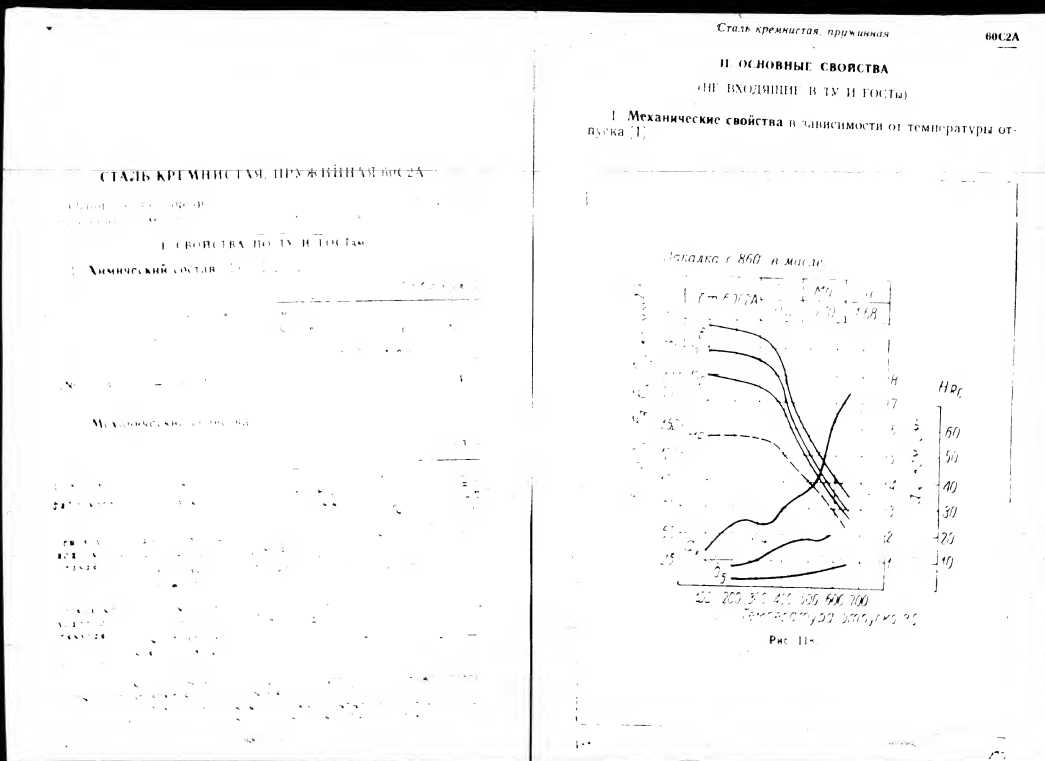
Таблица 3 (продолжение)

Температура закалки, °C	Температура охлаждения, °C	Механические свойства						
		σ_B	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.01}$	δ_5	δ_{10}	ψ	R_{σ}
860	380	102,9	112,0	125,6	19,2	57,5	12,3	33
860	400	102,2	105,7	125,6	13,7	52,0	5,7	35

Химический состав исследуемой стали: C - 0,58; Mn - 0,78; Si - 1,86; S - 0,007; P - 0,016; Cr - 0,11.

3. Механические свойства при повышенных температурах [1].





3. Пружинные стали

8. Физические свойства:

а) Теплоемкость C_p ккал/град³

Таблица 6				
Интервал темпера- туры, °C	0-100	0-200	0-400	0-600
	0,117	0,116	0,126	0,138

б) Теплопроводность λ ккал/см сек град (3, для 50 Г)

Таблица 7				
Темпера- тура, °C	100	200	300	400
	0,185	0,180	0,187	0,182

в) Коэффициент температурного расширения α 1/град

Таблица 8				
Темпера- тура, °C	100	200	300	400
	1,65	1,65	1,65	1,65

г) Коэффициент температурного расширения α 1/град

Таблица 9				
Темпера- тура, °C	100	200	300	400
	1,65	1,65	1,65	1,65

д) Коэффициент температурного расширения α 1/град

Таблица 10				
Темпера- тура, °C	100	200	300	400
	1,65	1,65	1,65	1,65

е) Коэффициент температурного расширения α 1/град

Таблица 11				
Темпера- тура, °C	100	200	300	400
	1,65	1,65	1,65	1,65

Сталь марганцовистая пружинная

85Г

При гальваническом цинковании и кадмировании происходит нанодороживание металла пружин, что приводит к повышению их хрупкости. Для восстановления свойства пружин необходимо проводить дополнительный их нагрев после защитных покрытий при температуре 180—200°.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских и электрических печах. Горячая и холодная прокатка листов, прутков, проволоки, ленты и других профилей не вызывает затруднений. Температурный интервал горячей деформации 1200—800°. Пластичность при холодной деформации низкая.

2. Обрабатываемость резанием [3]. Относительная обрабатываемость при $H_R = 183-241$ по сравнению со сталью А-12 составляет 45%.

3. Термическая обработка.

Таблица 9

Операция	Температура, °C	Охлаждение
Выпуск	600-720	В воздухе
Закалка	790-820	Медленное
Нормализация	850-870	На воздухе
Закалка	790-820	В масле
Отпуск и старение	300-420	На воздухе

Для предохранения от обводороживания нагрев стали дек. минут и приносить в соляных ваннах. Сталь отпускной хрупкости не подвержена.

При нагревании до температуры хрупкости от наводороживания шайбы 15 Вифа подверженные и оцинкованные должны подвергаться старению и не выдерживать не выше 48 ч.

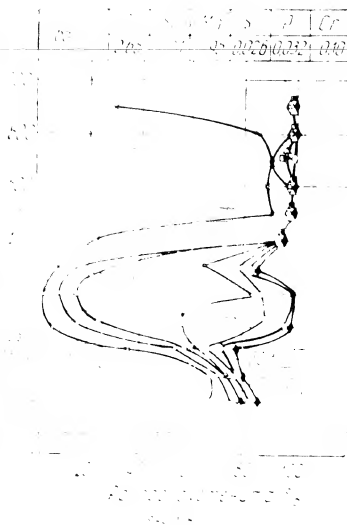
IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления малонапряженных термически обрабатываемых пружин пружинных кнопок, шайб, стержней и др.

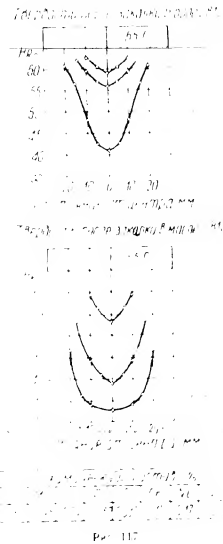
Источники

1. Данные НИИ П. 4.
2. Краткое руководство по эксплуатации Т. 1. Москва: Издательство "Машиностроение", 1967.
3. Металлы и сплавы. Справочник. Москва: 1967.
4. Данные НИИ П. 4.

6. Изотермическое превращение аустенита [1]



7. Прокаливаемость [1]



Механические свойства при кручении [1]

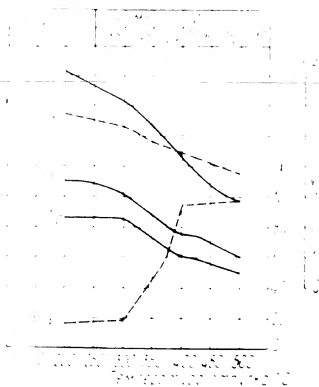


Рис. 115

4. Предел выносливости [2]

Таблица 4

Режим термической обработки	σ_{-1}	σ_{-1}	σ_{-1}
Закалка 950°С, отпуск 400°С	100	100	100
Закалка 950°С, отпуск 450°С	100	100	100
Закалка 950°С, отпуск 500°С	100	100	100
Закалка 950°С, отпуск 550°С	100	100	100

5. Модуль нормальной упругости E и модуль сдвига G [2]

Таблица 5

Термическая обработка		E	G	Состав ста-
закалка	отпуск	кг/мм ²	кг/мм ²	ли, %
840°—воздух	без отпуска	21093	8367	C=0,60
950°—масло	400	20790	8156	Mn=0,77
	450	20890	8297	Si=0,21
	500	20890	8297	Ni=0,08
	550	21098	8297	Cr=0,09

Приложные статьи

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Проволока ОВС применяется для изготовления пружин, не подвергавшихся термической обработке (кроме низкого отпуска), с сечением витка пружины до 4 мм.

Проволока ОВС выбирается для пружин, имеющих высокие расчетные напряжения и большую скорость деформирования.

ИСТОЧНИКИ

1. А. Т. Букиджин. Авт.пром. № 1, стр. 35, 1943.
2. Нормы марок конструкционной стали ЦНИИ 48, 1942.
3. А. А. Шмидтов. Справочник термиста, 1952.
4. А. Л. Марголина. Ответ НИИ. № 621, 1949.
5. М. М. Гуреев. Проволока из высокоуглеродистой стали. М.: Машгиз, 1950.

СТАЛЬ МАРГАНЦОВИСТАЯ ПРУЖИННАЯ 65Г

Основное назначение: сортовая качественная сталь для изготовления термически обрабатываемых пружин.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

а. Химический состав (ГОСТ 1050-52)

Таблица 1

Пружина элемент в %					
C	Mn	P	S	Si	Al
0,65-0,75	0,35-0,65	0,040	0,030	0,30	0,05

б. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид поверхности	Состояние	Источники	σ _к	σ _т	δ ₅	ψ
Сорта	Поставки		в %			
Дистанция	Термообработка	ГОСТ 1050-52	—	—	—	260
Пружина	Сорт. сталь	То же	—	—	—	220
Пружина	Пружинная сталь	То же	75	75	8(5)	35
Дистанция	Пружинная сталь	То же	75	75	8(5)	35

Пружинная сталь

Модуль упругости E и модуль сдвига G .

Таблица 4

E	G	ν	1. источник
21000	8000	0,3	2.
20000	7800	0,3	3.

Физические свойства:

Таблица 5

ρ	α	β	γ	δ	ϵ
7,8	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7
7,8	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7

ν	α	β	γ	δ	ϵ
0,3	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7

ν	α	β	γ	δ	ϵ
0,3	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7

ν	α	β	γ	δ	ϵ
0,3	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7

Сталь качественная углеродистая пружинная 70 (ОВС)

4. Коррозионная стойкость. Сравнительно небольшие поперечные размеры проволоки, идущей для изготовления пружин, делают ее весьма чувствительной к различным повреждениям, вызванным коррозионным разрушением. Наклеп сильно повышает стойкость стали против атмосферной коррозии. Повышение стойкости против коррозии достигается улучшением качества поверхности проволоки и защитными покрытиями. Для защиты от коррозии применяется покрытие фосфатом ФЦ (НО 270-54), цинком и кадмием (НО 273-54 и НО 274-54). Выбор покрытия и его толщины определяется условиями работы пружин.

При гальваническом цинковании и кадмировании происходит наводороживание металла пружин, что приводит к понижению их прочности. Для восстановления свойств пружин необходимо производить дополнительный их нагрев (после зачистки покрытий) при температуре 180—200°.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выпалка, горячая и холодная деформация. Сталь для пружинной проволоки производится в основном мартеновских и электрических печах. Пружинная проволока высшего и высшего-категорного качества издается сравнительно малыми партиями. Температурный интервал горячей деформации (2—800°). Прочность проволоки определяется степенью обжатия, которое достигается при обжатии и также содержанием углерода в стали.

При выпалке и обжатии других легированных элементов либо не производится, либо производится в соответствии с требованиями стандарта.

Старение и термическая обработка. Патентированная сталь для пружинной проволоки стареет, что приводит к снижению ее прочности. Старение происходит в результате диффузии углерода в сталь, что приводит к увеличению прочности и снижению пластичности. Старение происходит в результате диффузии углерода в сталь, что приводит к увеличению прочности и снижению пластичности.

При выпалке и обжатии других легированных элементов либо не производится, либо производится в соответствии с требованиями стандарта.

СТАЛЬ КАЧЕСТВЕННАЯ УГЛЕРОДИСТАЯ ПРУЖИННАЯ 70 (ОВС)

Основное назначение проволоки — изготовление пружин, не подвергающихся термической обработке.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

Химический состав (ГОСТ 1050-62 и ГОСТ 1546-53)

Таблица 1

Средние значения					
С	Мn	P	S	Si	Cu
0,65-0,75	0,15-0,30	0,015	0,005	0,15-0,30	0,05

Механические свойства в состоянии поставки

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Число скручиваний
Проволока холоднокатаная	Проволока 1,6 ОВС	ГОСТ 1546-53	1,6	180	14	30
	1,8		1,8	175	11	26
	2,0		2,0	175	9	23
	2,3		2,3	170	7	20
	3,0		3,0	165	7	13
	3,5		3,5	160	6	11
	4,0		4,0	150	5	9

Сталь качественная углеродистая пружинная 70 (ОВС)

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Число скручиваний
Проволока холоднокатаная	Проволока 1,6 ОВС	ГОСТ 1546-53	1,6	180	14	30
	1,8		1,8	175	11	26
	2,0		2,0	175	9	23
	2,3		2,3	170	7	20
	3,0		3,0	165	7	13
	3,5		3,5	160	6	11
	4,0		4,0	150	5	9

Примечание. Для проволоки диаметром 0,75 мм и менее испытание на перегиб заменяется испытанием на разрыв с узлом, причем разрывающее усилие должно быть не менее 50% разрывающего усилия той же проволоки при испытании без узла.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ

1. Влияние температуры отпуска на свойства проволоки ОВС ≤ 4 мм.

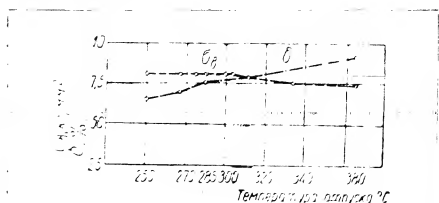


Рис. 113

5. Пружинные стали

11. Механические свойства проволоки В-II при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].

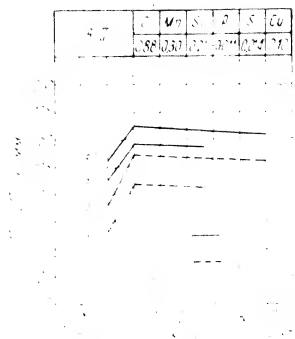


Рис. 110

Сталь углеродистая, пружинная П-I, П-II, В-I, В-II

12. Механические свойства проволоки В-II при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].

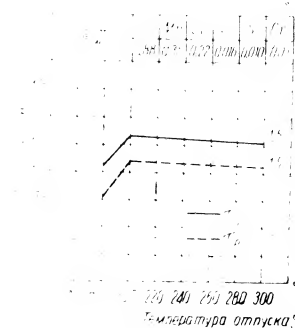


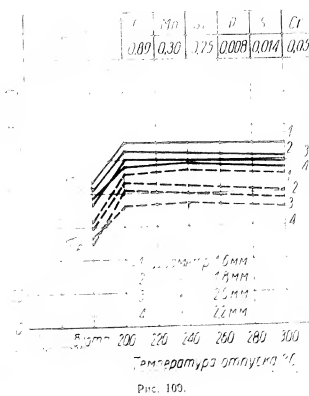
Рис. 111

Примечание: стали

9. Механические свойства проволоки В-1 при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].

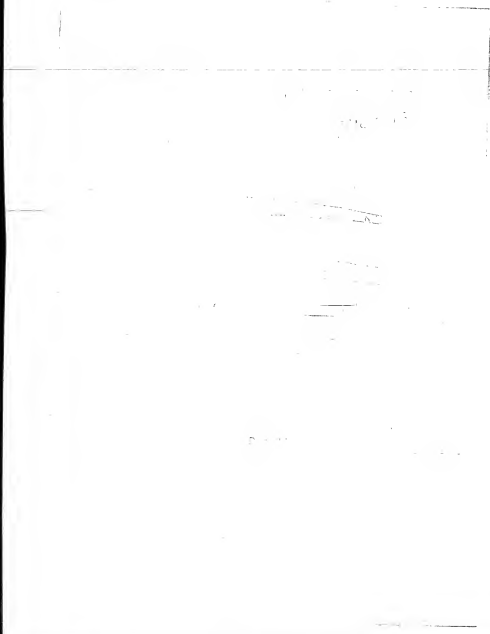
Сталь изотермостойкая, привольная В-1, В-11, В-1, В-11

10. Механические свойства проволоки В-1 при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].



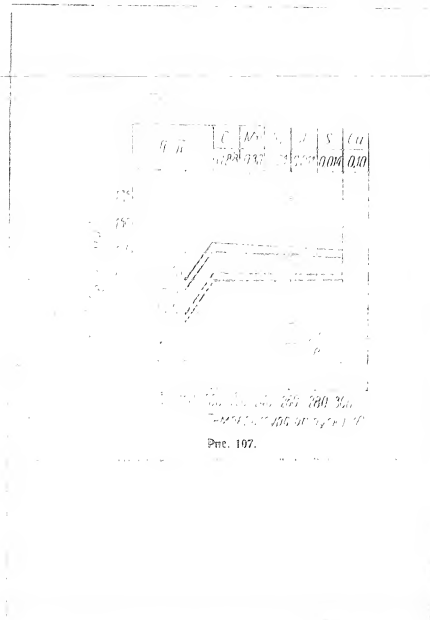
Прочность стали

8. Механические свойства проволоки П-11 при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].



Сталь углеродистая, пружинная П-1, П-11, В-1, В-11

8. Механические свойства проволоки П-11 при кручении в зависимости от температуры отпуска [1].



5. Пружинные стали

3. Механические свойства проволоки В-1 в состоянии поставки [1].

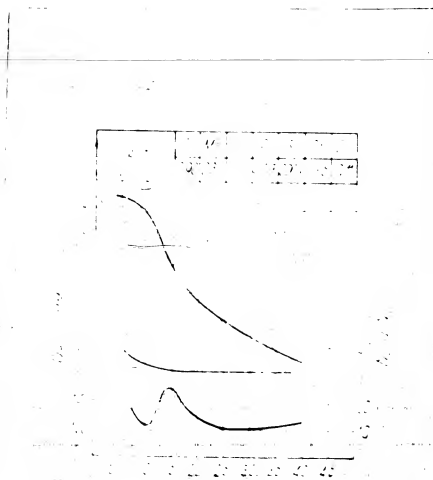


Рис. 102

Сталь углеродистая, пружинная П-1, П-11, В-1, В-11

4. Механические свойства проволоки В-11 в состоянии поставки [1].

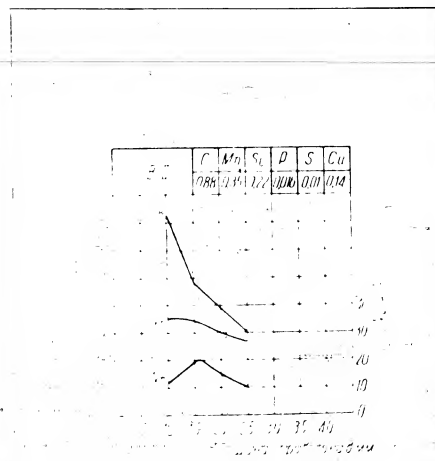


Рис. 103

5. Пружинные стали

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Механические свойства проволоки П-I в состоянии поставки [1].

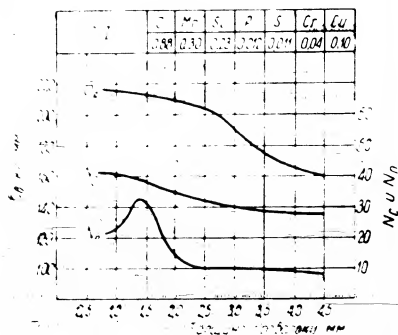


Рис. 100.

Сталь цинкостойкая, пружинная П-I, П-II, В-I, В-II

2. Механические свойства проволоки П-II в состоянии поставки [1].

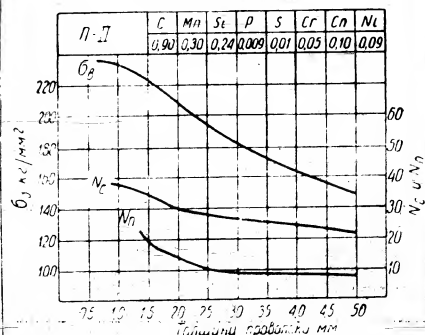


Рис. 101.

СТАЛЬ УГЛЕРОДИСТАЯ, ПРУЖИННАЯ
П-I, П-II, В-I, В-II

Основное назначение — проволока повышенной и высокой прочности для изготовления пружин, не подвергающихся термической обработке.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 5047-49).

Таблица 1

Содержание элементов, %					
C	Mn	Si	S	P	Cu, не бо- лее
			не более		
—	—	—	0,045	0,045	0,3

Примечания: 1. Химический состав металла проволоки устанавливается заводом-изготовителем в зависимости от требуемых прочности и размеров.

2. Для проволоки высокой прочности содержание не должно превышать: % серы — 0,02; фосфора — 0,03 и меди — 0,2.

Таблица 1 в 2-м издании, на 270, 251 стр.

4 Инструментальные стали

2 Термическая обработка.

Таблица 4

Режимы термической обработки

Операция	Температура, °C	Охлаждение
Отжиг	790—810	Изотермическая выдержка при 700—730°
Закалка	800—830	В масле
Отпуск на твердость $R_c = 60-61$	160—180	На воздухе
Отпуск на твердость $R_c = 56-60$	230—275	На воздухе

Сталь весьма чувствительна к перегреву. Для исправления структуры и улучшения обрабатываемости рекомендуется следующий режим термической обработки: закалка с 840—860° в масле, отпуск 680—700°.

IV ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Погризованная инструментальная сталь применяется для изготовления деталей, от которых требуется повышенная износостойкость и малая деформация при закалке.

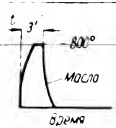
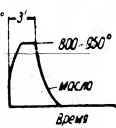

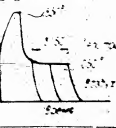
ИСТОЧНИКИ

1. И. С. Гусев. Металлографический атлас. 1941.
2. Ю. А. Гейдер и В. С. Бабеев. Инструментальная сталь. 1945.
3. «Машинностроение». Энциклопедический справочник. Т. III. Машинностроение. 1964.
4. Данные НИИ. П. в. 621.

5. ПРУЖИННЫЕ СТАЛИ

Инструментальные стали

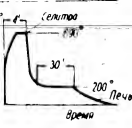
Таблица 3

Сталь ХГ					
Влияющий фактор	ΔC , %	ΔS	ΔA	R_c	Режим
Обычный режим заковки	+0,11	-0,028	18	65	
Температура заковки					
800°	+0,11	-0,028	18	65	
850°	+0,11	-0,027	20	63	
900°	+0,20	-0,037	27	64	
950°	+0,17	-0,048	29	64	
Охлаждающая среда					
вода	+0,15	-0,040	13	62	
масло	+0,11	-0,044	20	63	
воздух	+0,15	-0,030	28	62	
песок	+0,08	-0,030	30	61	
Частичное изотермическое размягчение (время выдержки, мин)					
5	+0,11	-0,044	18	58	
30	+0,11	-0,044	12	56	
60	+0,11	-0,040	8	54	

Хромистая инструментальная сталь

ХГ

Таблица 3 (продолжение)

Сталь ХГ					
Влияющий фактор	ΔC , %	ΔS	ΔA	R_c	Режим
Рекомендуемый режим	+0,01	-0,001	32	61	

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Вылавка и горячая деформация.** Сталь выплавляется в основных электрических и мартеновских печах. Температурный интервал горячей механической обработки слитков 1150—880° для заготовок до квадрата 160 мм. Охлаждение поковки послековки рекомендуется производить до 700° на воздухе, затем в песке, золе или шлаке.

Заготовки, прошедшие ковку на окончательный профиль, рекомендуется охлаждать в печи по режиму изотермического отжига.

Сталь обладает повышенным сопротивлением горячей деформации. Однако улучшение пластичности за счет повышения температуры выше указанных пределов недопустимо, так как это приводит к образованию цементитной сетки. Нагрев стали необходимо производить в печах с восстановительной или нейтральной атмосферой.

4. Инструментальные стали

- 2 Критические точки $A_{c1} = 750^\circ$; $A_{r1} = 715^\circ$ [2]
- 3 Изотермическое превращение аустенита [4]

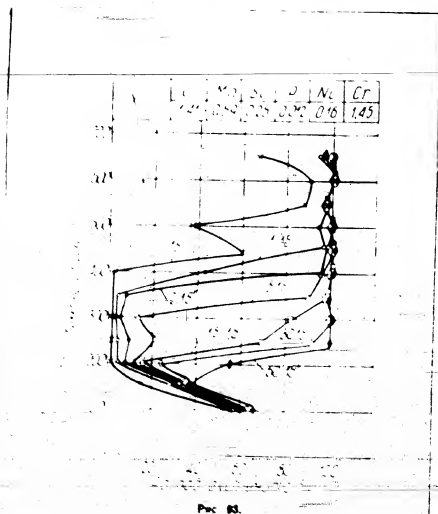


Рис. 83.

Хромистая инструментальная сталь

XI

4. Прокаливаемость.

T твердость — после заковки в воде (HRC)

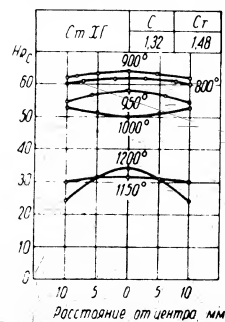


Рис. 84.

5. Влияние различных факторов термообработки на величину линейной деформации при закалке ($\Delta l, \%$), на изменение удельного веса ($\Delta \gamma$), на количество остаточного аустенита ($\% A$) и на твердость закаленной стали [3].

ХРОМИСТАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СТАЛЬ ХГ

Основное назначение: инструментальная сталь повышенной прокаливаемости для изготовления изделий с высокой твердостью.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ**1. Химический состав (ГОСТ 5950-51).**

Таблица 1

Содержание элементов, %

C	Mn	Si	S	P	Ni
1,30-1,50	0,45	0,70	1,3-1,6	0,35	0,030
и не более					
0,35	0,030	0,030	0,25		

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние	Источник	H _к
Прутки	Отожженные	ГОСТ 5950-51	241-197

Примечание: Твердость после закалки с 800-850° должна быть не менее H_к 26.

Хромистая инструментальная сталь

ХГ

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Изменение твердости в зависимости от температуры закали [1].

Закалка в воде.

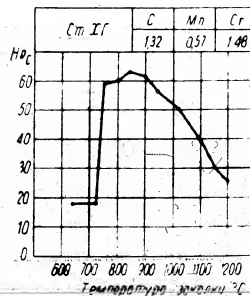
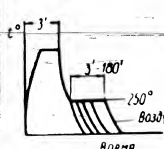


Рис. 92.

4. Инструментальные стали

Таблица 3 (продолжение)

Влияющий фактор	$\Delta L, \%$	ΔT	$\frac{\Delta R_c}{R_c}$	Режим
Частичное изотермическое разложение (время выдержки, мин)				
3	+0,17	-0,049	32 63	
30	+0,15	-0,055	27 56	
60	+0,17	-	15 59	
180	+0,21	-0,057	6 55	

Рекомендуемый режим

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка и горячая деформация** [1]. Сталь выплавляется в основных электрических и мартеновских печах. Температурный интервал горячей механической обработки слитков 1100—800°, для заготовок до квадрата 100 мм — 1120—820°.

Охлаждение послековки во избежание образования цементитной сетки следует вести до 700° ускоренно, а затем в песке, золе или шлаке. Перегрев стали приводит к образованию крупной цементитной сетки. Нагрев стали необходимо производить в печах с восстановительной или нейтральной атмосферой.

Прокатку и ковку стали надлежит вести с повышенными стесненными обжатиями для получения мелкозернистой структуры и уничтожения цементитной кристаллизации.

Сталь высокоуглеродистая инструментальная

У12А

2. Термическая обработка.

Таблица 4

Операция	Температура, °C	Охлаждение
Отжиг	760—780	По 40—50° в час до 600—550°, затем на воздухе
Закалка	760—790	Через воду в масле
Отпуск на твердость	150—180	На воздухе
$R_c = 60-63$ $R_c = 56-60$	230—275	На воздухе

Сталь весьма чувствительна к перегреву.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления деталей с небольшим сечением (15—20 мм), от которых требуется высокая поверхностная твердость ($R_c > 60$) и повышенная износостойкость.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Ю. А. Геллер и В. С. Бабаев. Инструментальная сталь. 1948.
- [2] И. С. Гаев. Металлографический атлас. 1941.
- [3] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III, Маш. 1947.
- [4] Данные НИИ П/я 621.

4. Инструментальные стали

4. Прокаливаемость.

Твердость после закалки в воде (2)

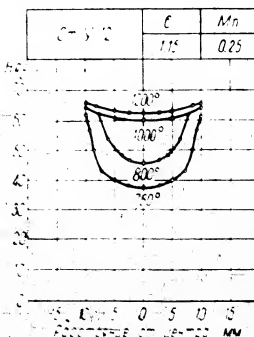


Рис. 86

Сталь высокоуглеродистая инструментальная

У12А

5. Влияние различных факторов термообработки на величину линейной деформации при закалке ($\Delta l, \%$), изменении удельного веса ($\Delta \gamma$), количестве остаточного вустенита ($\% A$) и твердость закаленной стали [3].

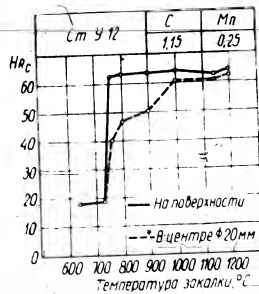
Таблица 3

Влияющий фактор	$\Delta l, \%$	$\Delta \gamma$	$\% A$	R_c	Режим
Обычный режим закалки	+0,28	-0,057	15	65	
Температура закали					
Охлаждающая среда:					
вода	+0,22	-0,080	19	64	
масло	-0,25	-0,064	23	63	
воздух	-0,15	-0,082	24	62	
печь	+0,10	-0,056	29	62	

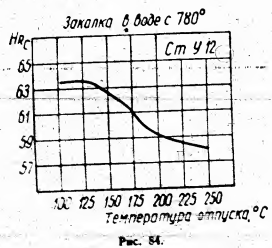
4. Инструментальные стали

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Изменение твердости в зависимости от температуры закали [2].



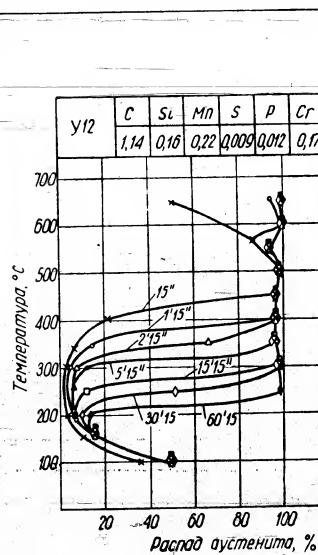
2. Влияние температуры отпуска на твердость стали [1].



Сталь высокоуглеродистая инструментальная

У12А

3. Изотермическое превращение аустенита [4].



4. Инструментальные стали

5. Критические точки A_{c1} — 730°; A_{r1} — 715° [4].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавки, горячая деформация. Сталь выплавляется в основных электрических и мартеновских печах. Температурный интервал горячей механической обработки 1120—820°. Охлаждение послековки в штабелях или на воздухе.

Перегрев стали приводит к образованию крупнозернистой структуры. Нагрев стали необходимо производить в печах с восстановительной или нейтральной атмосферой. Прокатку и ковку стали надлежит вести с повышенными степенями обжатия для получения мелкозернистой структуры и уничтожения следов дендритной кристаллизации.

2. Термическая обработка.

Таблица 3

Режимы термообработки		
Операция	Температура, °C	Охлаждение
Отжиг	750—790*	50° в час до 600—550°, затем на воздухе
Закалка	790—820	В воде
Отпуск на твердость $R_c \approx 60-61$	150—180	На воздухе

Сталь весьма чувствительна к перегреву.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления деталей, от которых требуется высокая твердость (матрицы, пробойники, ножи по металлу, лезвия ножей и др.).

ИСТОЧНИКИ

1. Н. С. Гаев. Металлографический атлас. 1941.
2. Электросталь. Высокоуглеродистые стали (руководство). 1921.
3. И. Л. Миркин и А. Розанов. Изотермическое превращение аустенита в углеродистых и специальных сталях. Труды МИС. Вып. 7. 1935.
4. Ю. А. Гейзер и В. С. Бабаев. Инструментальная сталь. 1948.
5. Данные НИИ. П.я 621.

СТАЛЬ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТАЯ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ У12А

Основное назначение—инструментальная сталь для деталей с высокой твердостью.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1435-54).

Таблица 1

Содержание элементов, %						
C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
не более						
1,15—1,24	0,15—0,30	0,15—0,30	0,20	0,25	0,020	0,030

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	H_R не более
Прутки горячекатаные	отожженные	ГОСТ 1435-54	207

Примечание. Сталь может поставляться и в неотожженном состоянии. Твердость после закалки с 760—780° в воде должна быть не ниже 62 R_c .

2. Влияние температуры отпуска на твердость стали [2].

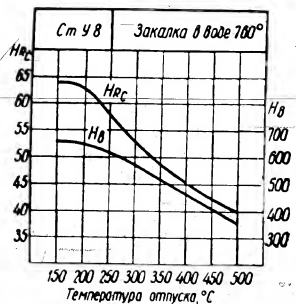


Рис. 80.

3. Изотермический распад аустенита.

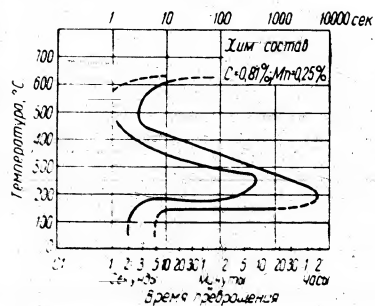


Рис. 81.

4. Прокаливаемость [1].

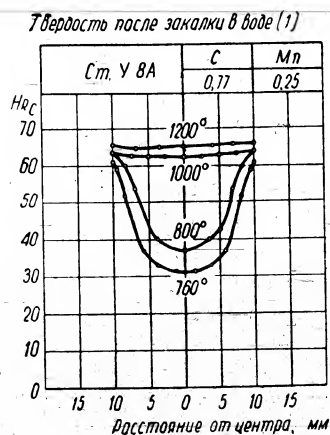


Рис. 82.

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источники	Размер, мм	Значение по Виссеру, %	Твердость по Бринеллю, НВ
Лента	Нагартованная	GOST 2283-43	0,2 × 6,0 ± 0,1 1,0 × 10,0	75—120	1,0
Лента	Отжуженная (нормальная)	То же	То же	116—120	10,0
Лента первой прокатки	Термообработанная (I П)	GOST 2614-55	Толщина 130—160 от 0,08 до 1,50	375—485	—
Лента второй прокатки	Термообработанная (II П)	То же	То же	161—190	—
Лента третьей прокатки	Термообработанная (III П)	То же	То же	Более 190	Более 600

Примечания: 1. Образцы для испытаний на разрыв ленты по ГОСТ 2283-43 изготовлены по ГОСТ 503-41.
2. Испытание на изгиб и ударение производится по ГОСТ 2614-55.
3. Изменение удлинений для ленты изготовленной по ГОСТ 2283-43 фактуально.

Общая глубина одностороннего обезуглероживания ленты не должна превышать:

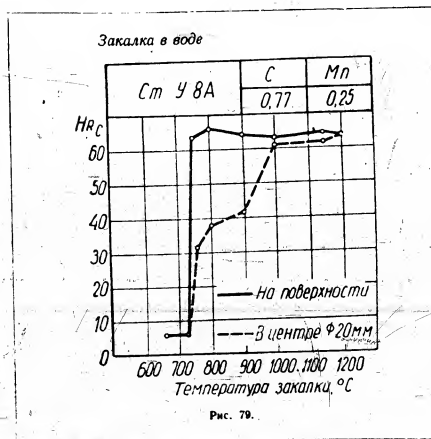
для ленты толщиной до 0,5 мм	0,02 мм
для ленты толщиной свыше 0,5 до 1 мм	0,04 "
для ленты толщиной свыше 1 до 2 мм	0,06 "

По особому требованию заказчика нормы глубины обезуглероживания могут быть уменьшены.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Изменение твердости в зависимости от температуры закали (1).



4. Инструментальные стали

дение послековки в штабелях или на воздухе. Перегрев стали приводит к образованию крупнозернистой структуры.

Нагрев стали необходимо производить в печах с восстановительной или нейтральной атмосферой. Прокатку и ковку надлежит вести с повышенными степенями обжатия для получения мелкозернистой структуры и уничтожения дендритной кристаллизации.

2. Термическая обработка. Сталь весьма чувствительна к перегреву.

Режимы термической обработки

Таблица 3

Операция	Температура, °C	Охлаждение
Отжиг	750—760	50° в час до 600—550° затем на воздухе
Закалка	800—830	В воде
Отпуск на твердость $R_c=60-61$	150—180	На воздухе

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления деталей с сечением не выше 15—20 мм, от которых требуется высокая поверхностная твердость ($R_c > 60$) и подвергающихся в работе ударам.

ИСТОЧНИКИ

- 1) И. С. Гасев. Металлографический атлас. 1941.
- 2) Электросталь. Высокопрочные стали (руководство). 1931.
- 3) И. П. Миркин и А. Розанов. Изотермическое превращение аустенита в углеродистых и специальных сталях. Труды МИС. Вып. 7, 1938.
- 4) Ю. А. Геллер и В. С. Бабаев. Инструментальная сталь. 1945.
- 5) Данные НИИ. П. в 621.

СТАЛЬ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТАЯ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ У8А

Основное назначение — инструментальная сталь для изготовления пружин, режущего инструмента, измерительных и других изделий.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

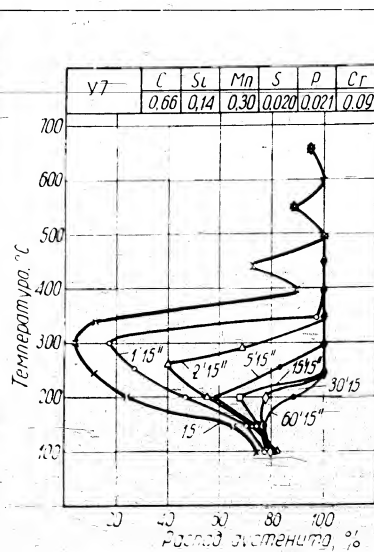
1. Химический состав (ГОСТ 1435-54).

Таблица 1

Содержание элементов, %

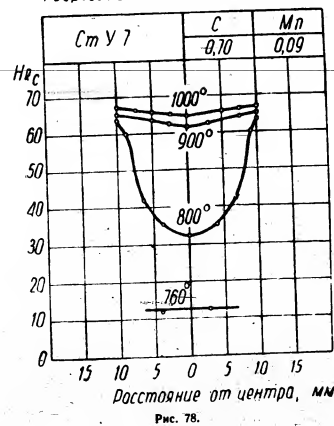
C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
не более						
0,75—0,84	0,15—0,30	0,15—0,30	0,20	0,25	0,000	0,000

3. Изотермическое превращение аустенита [5].



4. Прокаливаемость [1].

Твердость после закалки в воде (1)

5. Критические точки: A_{c1} — 730°; A_{c2} — 760°; A_{r1} — 715° [4].

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка и горячая деформация.** Сталь выплавляется в основных электрических и мартеновских печах. Температурный интервал горячей механической обработки 1120—840°.

4. Инструментальные стали

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Изменение твердости в зависимости от температуры закали в воде [1].

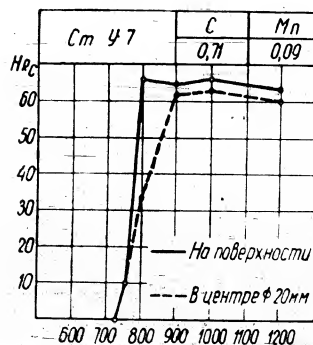


Рис. 75.

Сталь высокоуглеродистая инструментальная

У7 и У7А

2. Влияние температуры отпуска на твердость стали [2].

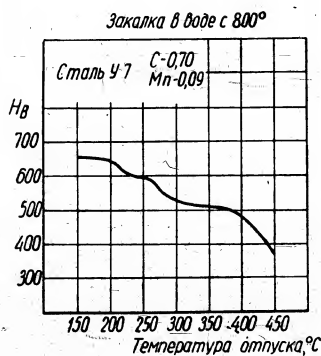


Рис. 76.

СТАЛЬ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ У7 и У7А

Основное назначение — инструментальная сталь для изготовления деталей с высокой твердостью.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1435-54).

Таблица 1

Марка стали	Содержание элементов, %						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
	не более						
У7	0,65—0,74	0,20—0,40	0,15—0,35	0,20	0,25	0,030	0,035
У7А	0,65—0,74	0,15—0,30	0,15—0,30	0,20	0,25	0,020	0,030

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	H _В не более
Прутки горячекатаные	Отожженные	ГОСТ 1435-54	187

Примечание. Сталь может поставляться в неотожженном состоянии. Твердость после выковки с 800—820° в воду должна быть не выше 62 H_Р.

4. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ

3. Сталь с особыми свойствами

12. Коррозионная стойкость. Чистое железо в окислителях недостаточно стойко. Во влажном воздухе железо легко окисляется (ржавеет). При хранении на открытом воздухе потеря в весе после испытания в течение 1 года составляет $0,0341 \text{ г/м}^2 \text{ час}$ [1]. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ или красками и эмалью (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Чистое железо выплавляется в основных мартеновских и электропечах. При горячей механической обработке железо АРМКО имеет интервал хрупкости при температуре $1050-900^\circ$. Поэтому сортовую прокатку, ковку, штамповку и т. п. следует вести при температурах $1270-1050^\circ$ или ниже 900° .

2. Штампуемость. Детали из железа могут изготавливаться горячей и холодной штамповкой. Холодная штамповка деталей с большой вытяжкой не вызывает затруднения.

3. Свариваемость. Хорошо сваривается всеми видами сварки. Наибольшее распространение имеет контактная сварка. Сварка может производиться как на мягких, так и на жестких режимах.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/45 по НО 518-55;

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св 08А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348 и АН-348А; в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св 08А по ГОСТ 2246-54;

4. Режим термической обработки. Оптимальная температура отжига, нормализации, закалки — 900° .

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления сердечников и подюжных обмоток электромагнитов, магнитопроводов, деталей реле, деталей магнитоэлектрических индукционных и электромагнитных измерительных приборов, магнитопроводов динамических реостатов, мембран, магнитных экранов и т. п.

Сталь низкоуглеродистая электротехническая А и ЭАА

ИСТОЧНИКИ

- [1] Э. Т. Лянд. Качественная сталь. № 10, стр. 36, 1936.
- [2] Справочник по автомобильным и конструкционным сталям. Машгиз, 1951.
- [3] Г. Н. Титов и П. С. Rogozin. Металлург. № 8, 1937.
- [4] Металл. Хандбук 1939.
- [5] В. И. Костеиц. Журнал технической физики. Т. XVI. Вып. 5, 1946.
- [6] А. Б. Фредков. Кислород. № 5, 1945.
- [7] А. С. Займовский и В. В. Усов. Металлы и сплавы в электротехнике. Госэнергоиздат, 1941.
- [8] А. С. Займовский и Л. Ш. Казарновский. Качественная сталь. № 7, стр. 41, 1936.
- [9] М. К. Максимов. Бюллетень ЦНИИ НКЧМ, стр. 2, 1945.
- [10] Д. Хаттори. Металлург. № 4, стр. 84, 1938.

3. Стали с особыми свойствами

II. Физические свойства:

а) Теплоемкость железа C , $\frac{\text{кал}}{\text{г. град}}$

Таблица 7

Интервал, температур, °C	-188 + 18	0 - 100	0 - 420	0 - 500	0 - 800	0 - 1000	0 - 1500	0 - 1600
C	0,0859	0,111	0,128	0,142	0,165	0,170	0,165	0,204

б) Теплопроводность железа λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см. сек. град}}$

Таблица 8

Температура, °C	30	100	200	300
λ	0,168 - 0,173	0,139 - 0,164	0,143 - 0,147	0,137 - 0,131

Таблица 8 (продолжение)

Температура, °C	400	500	600	700
λ	0,112 - 0,116	0,098 - 0,102	0,092 - 0,095	0,091 - 0,094

в) Термическое расширение [4].

Таблица 9

Интервал температур, °C	Средний коэффициент линейного расширения $\times 10^4$	Интервал температур, °C	Средний коэффициент линейного расширения $\times 10^4$
20 - 50	11,3	20 - 300	13,71
20 - 100	11,7	20 - 350	13,94
20 - 150	12,25	20 - 400	14,15
20 - 200	12,94	20 - 450	14,31
20 - 250	13,40		

Сталь низкоуглеродистая электровакуумная

А и ЭАА

Термическое расширение по табл. 9.

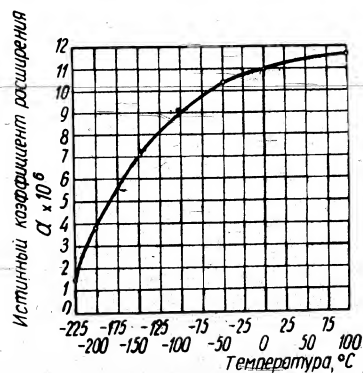


Рис. 74.

г) Электрическое сопротивление ρ при высоких и низких температурах, ом. мм²/м [4].

Таблица 10

Температура, °C	-180	-120	-60	0	100	200	300	400	500
ρ	0,01	0,035	0,067	0,10	0,15	0,22	0,30	0,41	0,55

д) Критические точки $A_{c1} - 918^\circ$; $A_{c2} - 903^\circ$ [2].

3. Стали с особыми свойствами

8. Влияние слабого наклепа на магнитные свойства железа АРМКО [8].

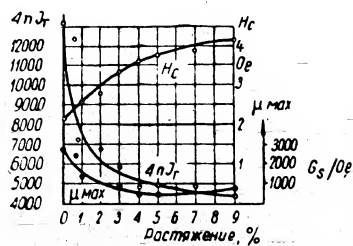


Рис. 73.

Сталь низкоуглеродистая электротехническая

А и ЭАА

9. Изменение магнитных свойств наклепанного железа при отжиге [7].

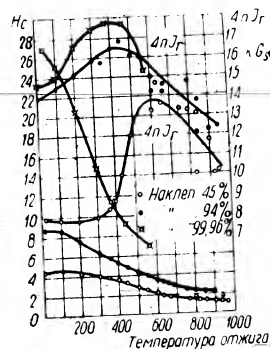


Рис. 74.

10. Влияние меди на коэрцитивную силу железа АРМКО [9].

Таблица 6

Содержание меди, %	Коэрцитивная сила, эрст				
	после отжига	через 6 дней	через 10 дней	через 34 дня	% утолщ. через 34 дня
0,10	1,11	1,11	1,15	1,17	5,1
0,20	1,08	1,10	1,12	1,12	3,7
0,30	1,14	1,15	1,18	1,22	7,0
0,35	1,15	1,18	1,19	1,19	3,5
0,43	1,09	1,10	1,13	1,15	5,5
0,55	1,12	1,12	1,14	1,14	1,8

б. Механические свойства железа АРМКО в зависимости от степени холодной деформации или [4].

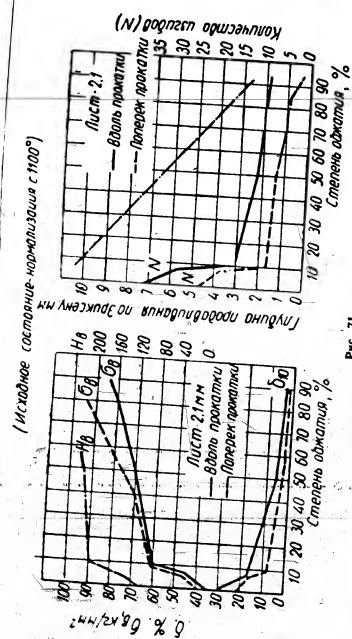


Рис. 71.

Сталь низкоуглеродистая электролитическая

А и ЭАА

7. Кривая намагничивания железа типа АРМКО [7].

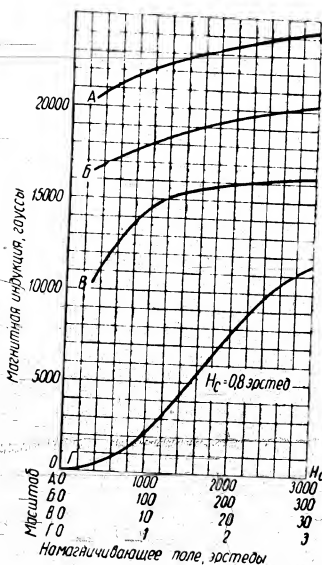


Рис. 72.

3. Сталь с особыми свойствами

2. Механические свойства железа АРМКО после оптимальной термообработки [1].

Таблица 4

Термо- обработка	σ_s	σ_b	δ	ψ	α_k	H_b
Отжиг 900°	16,7 16,7	29,2 30,6	33,5 40,3	74,0 69,6	22,4	72-74
Закалка 900°	28,7 27,4	40,8 40,8	21,3	68,8	8,8	107-116

3. Механические свойства при повышенных температурах [3].

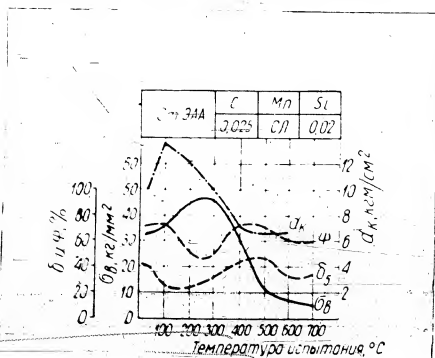


Рис. 69.

Сталь низкоуглеродистая электротехническая

А и ЭАА

4. Механические свойства при низких температурах [5].

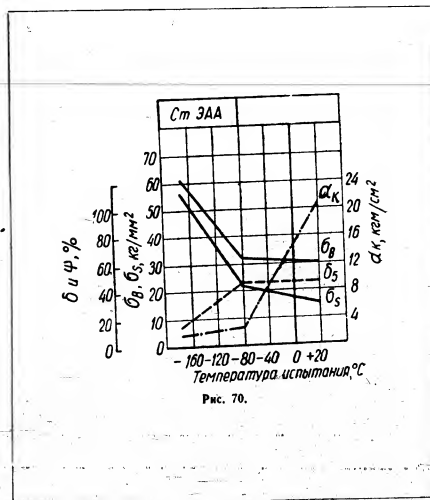


Рис. 70.

5. Модуль нормальной упругости E , кг/мм^2 [4].

Таблица 5

Температура, °C	16	100	150	200	250	300	350	400
$E \cdot 10^{-3}$	20,86	20,475	19,88	19,48	19,04	18,55	18,06	17,5

СТАЛЬ НИЗКОУГЛЕРОДИСТАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ (ЖЕЛЕЗО ТИПА АРМКО) А и ЭАА

Основное назначение — изготовление деталей магнитопроводов.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 3836-47 и ЧМТУ 2900-56).

Таблица 1

Источник	Марка стали	Содержание элементов, %					
		C	Mn	Si	S	P	Cu
ЧМТУ 2900-56	А	0,025	0,035	0,030	0,025	0,015	0,15
ГОСТ 3836-47	ЭАА	0,040	0,200	0,20	0,030	0,025	0,15

2. Механические свойства.

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	σ_b	δ_5	δ_{10}
Прутки горячекатаные	без термообработки	ЧМТУ 2900-56	27	26	60	5,2
Листы тонкие отожженные		ГОСТ 3836-47	определяются только магнитные свойства			

Сталь низкоуглеродистая электротехническая А и ЭАА

3. Магнитные свойства стали ЭАА (ГОСТ 3836-47).

Таблица 3

Коэрцитивная сила H_c , эрст	Максимальная проницаемость μ_{max} , эрст	Напряженность намагничивающего поля H , эд/см						
		5	10	25	50	100	300	500
		Обозначение индукции						
		B_5	B_{10}	B_{25}	B_{50}	B_{100}	B_{300}	B_{500}
не более	не менее	Величина индукции, г не менее						
0,8	4500	13800	15000	16200	17100	18100	20500	21800

Примечание. Получение значений максимальной проницаемости и индукции, ниже указанных в таблице, не может служить причиной забракования стали.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Механические свойства железа АРМКО в зависимости от режима термообработки [1].

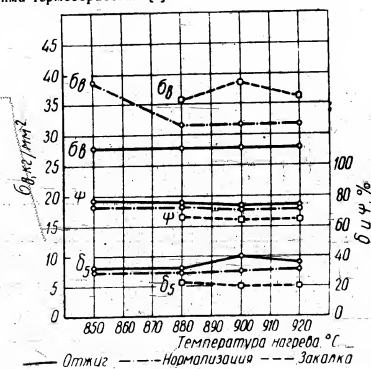


Рис. 68

Образцы плоские, толщиной 2 мм

Таблица 7

Содержание кремния, %	Теплопроводность λ , ккал/см.сек.град
0,6	0,108
1,5	0,0768
4,0	0,0192

в) Коэффициент линейного расширения.
Коэффициент термического расширения стали Э4АА мало отличается от такового для железа и может быть принят порядка $12 \cdot 10^{-6}$ на 1°C для интервала температур $0-100^\circ\text{C}$.

г) Электросопротивление и его температурный коэффициент [1].

Таблица 8

Содержание кремния, %	Удельное сопротивление ρ , ом.мм ² /м	Температурный коэффициент электросопротивления на 1°C
4,0	0,62	0,00073
4,5	0,67	0,00070

д) Удельный вес [1].
Удельный вес железа падает по мере введения кремния почти прямолинейно по уравнению:

$$\gamma = 7,874 - 0,0622 \text{ Si},$$

где Si — весовой процент кремния.

Для стали Э42 по ГОСТ 802-54 удельный вес принимается равным 7,55.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная прокатка. Кремнистая электротехническая трансформаторная сталь выплавляется в основных электрических и мартеновских печах. Трансформаторная сталь преимущественно изготавливается в виде листов и лент толщиной до 0,5 мм методом горячей и холодной прокатки.

196

Прокатка трансформаторной стали производится по особой технологии на специализированных заводах.

2. Коэффициент заполнения. Коэффициент заполнения характеризует всякий пакет из листов электротехнической стали и является отношением истинного объема стали, находящегося в пакете, к кажущемуся, измеряемому. Практически коэффициент заполнения изменяется в пределах 80—97% и зависит от давления стягивающих шайб, винтов, толщины слоя электроизоляции, равномерности стали по толщине, изогнутости листов и т. д.

3. Электрическая изоляция листов. Пленка окислов, возникающая на поверхности травленых листов, является достаточной изоляцией при индукциях до 10000—12000 гс. При более высокой индукции требуется искусственная изоляция листов лаковой пленкой или тонким слоем бумаги.

4. Краевой наклеп. Наклеп, возникающий при штамповке и резке сердечников из электротехнической стали, может значительно ухудшить ее магнитные свойства. Влияние штамповки и резки на индукцию и потери в машине или аппарате зависит от отношения полной поверхности штамповки к деформированной зоне. Чем больше это отношение, тем меньше влияние краевого наклепа. При ширине штамповки более 30 мм краевым наклепом можно пренебречь. Для снятия краевого наклепа рекомендуется производить повторный отжиг штамповок в чистом сухом кварцевом песке, в ящиках, без подсоса воздуха.

Режим отжига: нагрев до $720-780^\circ$ и выдержка при этой температуре 1—1,5 час; охлаждение с печью до $200-250^\circ$ со скоростью 40—60° в час. При температуре ниже $200-250^\circ$ охлаждение на воздухе, в ящиках.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления магнитных цепей силовых трансформаторов, радиотрансформаторов, дросселей, трансформаторов-автоматки, трансформаторов тока и т. п.

ИСТОЧНИКИ

[1] А. С. Займовский и В. В. Усов. Металлы и сплавы в электротехнике. Госэнергоиздат, 1949.

[2] Т. Енсен. Транзекши америкен сосайтс фор металс. XX, IV, стр. 337, 1936.

[3] А. А. Гольдман. Доклад на совещании НИТО металлургов. М., 1937.

3. Сталь с особыми свойствами

2. Кривая намагничивания [1].

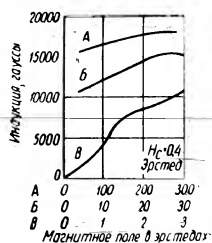


Рис. 67.

3. Влияние углерода на магнитные свойства [2].

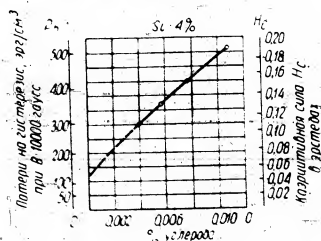


Рис. 68.

Сталь листовая электротехническая

342 (Э4АА)

4. Магнитные свойства в слабых полях [3].

Таблица 5

Постоянный ток		Переменный ток $f=50 \text{ Hz}$	
напряженность поля, эрст	индукция, гс	напряженность поля, эрст	индукция, гс
0,011	10	0,03	55
0,019	21	0,05	140
0,050	100	0,10	480
0,100	290		

5. Некоторые магнитные характеристики.

Таблица 6

Свойства	Значения
Потери P_{20} эрст/кг	1,20
Потери P_{10} эрст/кг	2,80
Индукция $B_{0.05}$	85
» $B_{0.10}$	14400
» $B_{0.20}$	15500
Начальная прониц. μ_0 гс/эрст	400
Максимальная прониц. μ_{max} гс/эрст	7500
Коэрцитивная сила H_c эрст	0,40

6. Физические свойства:

а) Теплоемкость [1].
Теплоемкость трансформаторной стали Э42 отличается от теплоемкости железа не более чем на 2—3% (см. марки 08 или 10).

б) Теплопроводность [1].

Теплопроводность железа резко снижается при введении кремния. При 0° получены следующие значения теплопроводности.

СТАЛЬ ЛИСТОВАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ 342 (34АА)

Основное назначение — изготовление магнитных цепей различных трансформаторов, аппаратов и приборов.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТУ**1. Химический состав (ГОСТ 802-54).**

Таблица 1

Пределы содержания элементов, %					
C	Si	Mn	S	P	Cu
не более					
—	4,0—4,8	—	—	—	—

Содержание кремния не является браковочным признаком. Для обеспечения надлежащих магнитных свойств содержание остальных элементов, в особенности углерода, в кремнистой стали должно быть минимальным.

2. Магнитные свойства (ГОСТ 802-54).

Таблица 2

Номинальная толщина листов, мм	Магнитная индукция B , тс при напряженности поля H в кА/м (ампер-витков на 1 см)					Удельные потери, Вт/кг	
	B_{10}	B_{15}	B_{20}	B_{100}	B_{200}	P_{10}	P_{15}^*
не менее						не более	
0,5	12900	14400	15500	16700	18700	1,40	3,20
0,35	12900	14400	15500	16700	18700	1,2	2,8

* P_{10} и P_{15} измерены при частоте 50 Гц и значениях индукции в 1000 и 15000 эс.

СТАЛЬ ЛИСТОВАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ

342 (34АА)

3. Хрупкость. При испытании на хрупкость образцы листов, нарезанные в виде полос шириной 30 мм, должны выдерживать без излома следующее количество перегибов.

Таблица 3

Источник	Номинальная толщина листа, мм	Количество перегибов не менее
ГОСТ 802-54	0,50	1,0
То же	0,35	1,5

Примечание. При испытании на хрупкость концы образца зажимают в тиски с губками, закругленными радиусом 5 мм. Образцы из холоднокатаного листа вырезаются вдоль прокатки.

4. Старение. Увеличение удельных потерь после старения допускается не более чем на 3% по сравнению с данными табл. 2.

Примечание. Увеличение удельных потерь в листовой электротехнической стали вследствие ее старения определяется после нагрева образцов стали в течение 120 час при 150°.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Типичные механические свойства [1].

Таблица 4

Марка стали	H_s	R_s	a_s	a_s	a_s	t_s	Глубина про- давливания по Эрксену, мм
Трансформа- торная (Si ≈ 4%)	220	85	31	47	53	5	3,5

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях, после термической обработки и полировки сталь вполне устойчива.

Она устойчива против окисления на воздухе при температуре до 900°C. Обычно не приобретает склонности к интеркристаллитной коррозии после нагрева в интервале температур 500—800°C и после правильно проведенной сварки титаносодержащими электродами. (См. раздел III, п. 3).

В концентрированной азотной кислоте при комнатной температуре вполне устойчива, при температуре +50°C удовлетворительно устойчива.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. (см. сталь 1X18H9).

2. Обрабатываемость резанием (см. сталь 1X18H9).

3. Термическая обработка. Режим термической обработки: закалка с 1100—1150°, выдержка под закалку 5—10 мин. Закалочная среда — вода или воздушная струя. Быстрое охлаждение с указанных температур предохраняет сталь от появления склонности к интеркристаллитной коррозии, которая в некоторых случаях может иметь место и у титаносодержащей стали 1X18H9T.

Степень проявления этой интеркристаллитной коррозии может быть значительно снижена проведением предварительного (до сварки) — стабилизирующего отжига при температуре 850—900° с охлаждением в воде или на воздухе.

4. Свариваемость. Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки.

Для предотвращения коробления и нежелательных изменений в структуре околошовных зон при дуговой, атомно-водородной и газовой сварке рекомендуется применять металлургические (медные) подкладки; точечную сварку производить на «жестких» режимах.

Точечную и роликовую сварку рекомендуется проводить с интенсивным охлаждением места сварки водой.

Несмотря на хорошую свариваемость стали в сварных швах появляются горячие трещины.

Горячие трещины образуются вследствие дендритной ликвации, которая приводит к появлению жидких прослоек по границам столбчатых кристаллов аустенита в сварном шве.

В целях уменьшения возможности образования горячих трещин желательно, чтобы в сварочной проволоке углерода было не более 0,06%, серы не более 0,02% и никеля не более 8%.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке — электроды УОНИ-13/НЖ-2 по ИО.518-55.

б) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-1X18H9T или Св-Х18Н11М по ГОСТ 2246-54, флюс ВИ 13-6.

в) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-1X18H9T или Св-Х18Н11М по ГОСТ 2246-54, флюс ФЦЛ-1 или ФЦЛ-2, АН-26.

г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-ОХ18Н9 или Св-Х18Н11М по ГОСТ 2246-54, аргон I или II состава по ТУ МХП 4315-54; вольфрам прутковый по НИО.021.612.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления сварных и штампованных деталей и узлов, стойких против коррозии в атмосфере и некоторых окислителях, а также в условиях повышенных (до 900°) температур.

Применяется в случаях, когда имеется возможность появления интеркристаллитной коррозии, в частности для сварных деталей, которые не могут быть подвергнуты закалке после сварки.

ИСТОЧНИКИ

[1] Г. В. Акимова. Труды ЦАГИ. Вып. 59, 1930.

[2] «Автомобильные и конструкционные стали». Справочник 1951.

[3] Справочник по авиационным материалам под ред. С. Т. Кишкина.

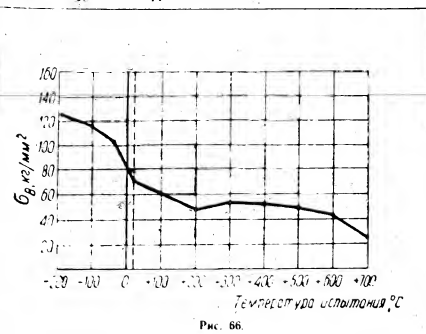
1950.

[4] В. А. Ларичев. Качественные стали для современных котельных установок. 1951.

[5] Данные НИИ. П/л 989.

3. Сталь с особыми свойствами

Предел прочности сварных соединений при разных температурах (по средним цифрам табл. 6).



г) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез 5

Таблица 7

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	2,0	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	4-5	4,5-5,5	8-10	10-12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	180	550	1550	2600

4. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь практически не подвержена отпускной хрупкости. Заметное снижение вязкости появляется лишь после длительной выдержки (более 1000 ч) при температурах 350-870.

Сталь кислотостойкая хромоникелевая с титаном 1X18H9T (Я1Т)

5. Нагартовка при холодной деформации (сталь 1X18H9) [1].

Таблица 8

Состояние материала	Толщина листа, мм	Механические свойства		
		σ_s	σ_b	H_b
Закалка 1080°, воздух	1,0	66,3	71,0	166
Нагартованное	обжатие на 16%	76,3	35,5	223
Нагартованное	обжатие на 38%	104,9	13,0	309
Нагартованное	обжатие на 58%	121,1	6,0	356
Нагартованное	обжатие на 63%	123,0	4,2	360

Примечание. Состав стали, %: C=0,13; Si=0,55; Mn=0,4; Cr=18,2; Ni=10,06; Ti—нет.

6. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ $\frac{\text{кал}}{\text{см. сек. град.}}$ [3].

Таблица 9

Температура, °C	100	200	400	600	800	900	1000
λ	0,033	0,054	0,056	0,06	0,066	0,0725	0,079

б) Теплоемкость в интервале 25-100° C $= 0,12 \frac{\text{кал}}{\text{г. град}}$ [2].

в) Коэффициент линейного расширения α [3].

Таблица 10

Температура, °C	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800
$\alpha \cdot 10^6$	15,95	17,32	18,74	20,24	21,23	22,2	23,59

г) Удельное электросопротивление при 20°

$\rho = 0,8 \frac{\text{ом. мм}^2}{\text{м}}$ [3].

д) Удельный вес $\gamma = 8,0 \text{ г/см}^3$ [3].

3. Стали с особыми свойствами

3. Механические свойства сварных соединений

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением, по отношению к минимальной прочности основного материала, для стыковых соединений с усилением — 0,9; для нахлесточных — 0,65.

Примечание. Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре [5].

Таблица 6

Предел прочности (миним.—макс. среди)		Ударная вязкость (миним.—макс. среди)
Стыковое соединение с усилением	Нахлестка	
69,5—71,3 70,3	57,8—65,7 63,0	9,32—11,9 10,0

Примечания: 1. Образцы сварены электродами УОНИ-13/НЖ-2 со стержнем из проволоки Са-ОХ18Н9 по ГОСТ 2246-54.
2. Химический состав стали, %: С=0,15; Мп=0,50; Si=0,47; Cr=17,5; Ni=9,44; Ti=0,40.
3. Ударные образцы для сварных образцов по ГОСТ 3242-46.

Сталь кислотостойкая хромоникелевая с титаном

1X18H9T (Я1Т)

в) Механические свойства сварных соединений при повышенной и пониженной температуре [5].

Таблица 6

Термическая обработка после сварки	°	Температура испытания, °С									
		-196	-100	-50	+20	+200	+300	+400	+500	+600	+700
Без термической обработки	миним.	111,0	111,1	102,0	69,5	50,0	54,7	54,2	49,7	42,2	25,8
	макс.	126,0	118,2	105,8	71,3	52,3	55,3	54,5	50,0	44,2	27,0
	среди.	123,9	113,6	104,1	70,3	51,2	55,0	54,3	49,8	43,2	26,2

Примечания: 1. Образцы сварены с усилением, электродами УОНИ-13/НЖ-2 со стержнем из проволоки Са-ОХ18Н9 по ГОСТ 2246-54.

2. Химический состав стали, %: С=0,15; Мп=0,50; Si=0,47; Cr=17,50; Ni=9,44; Ti=0,40.

3. Сталь с особыми свойствами

лока Св-0Х18Н9, Св-Х18Н11М по ГОСТ 2246-54, флюс ФЦЛ-1 или ФЦЛ-2;

г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-Х18Н11М ГОСТ 2246-54, аргон I или II состава по ТУ МХП 4315-54, вольфрам прутковый по НПО.021.612.

б) Свариваемость стали 2Х18Н9

Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. Сварные конструкции, работающие в кислотах, после газовой, атомно-водородной и дуговой сварки должны подвергаться термической обработке (закалка с 1100—1150°С).

Точечную и роликовую сварку рекомендуется проводить с интенсивным охлаждением места сварки водой.

Точечная сварка производится на «жестких» режимах.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке электроды УОНИ-13/НЖ-2 по ПО 518-55.

Примечание. В качестве электродных стержней применять только сварочную проволоку Св-Х18Н11М по ГОСТ 2246-54.

б) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-Х18Н11М по ГОСТ 2246-54, флюс ВП13-6 (НЖ8);

в) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-Х18Н11М по ГОСТ 2246-54, флюс ФЦЛ-1 или ФЦЛ-2;

г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-Х18Н11М ГОСТ 2246-54, аргон I или II состава по ТУ МХП 4315-54, вольфрам прутковый по НПО.021.612.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь 1Х18Н9 и сталь 2Х18Н9 применяются в термически обработанном и нагартованном состоянии для изготовления деталей, работающих при повышенных коррозионных воздействиях и повышенной до 850—900° температуре.

Для сварных конструкций предпочтительно применять сталь 1Х18Н9 (с обязательной последующей закалкой).

Обе стали применяются также для изготовления немагнитных деталей (в закаленном состоянии).

ИСТОЧНИКИ

1. Автомобильные конструкционные стали. Справочник Машгиз.

2. А. Б. Кинцел и Р. С. Френкс. Высококоррозионные нержавеющие и жаропрочные стали. Металлургия, 1945.

СТАЛЬ КИСЛОТОСТОЯКАЯ ХРОМОНИКЕЛЕВАЯ
С ТИТАНОМ 1Х18Н9Т (Я1Т)

Основное назначение: изготовление деталей и сварной аппаратуры стойких в азотной кислоте всех концентраций и устойчивых при повышенных температурах.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ ИЛИ ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 5632-51).

Таблица 1

Содержание элементов, %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
не более	не более	не более	не более	не более	не более	не более	не более
0,12	0,8	2,0	17,0—20,0	8,0—11,0	до 0,8*	0,03**	0,035

* Минимальное содержание Ti подсчитывается по формуле: $5(C\% - 0,03)$.

** Для стали, подвергающейся сварке, содержание серы не должно превышать 0,02%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее					
			σ_s	σ_b	δ_5	ψ	a_k	H_b
Лист горячекатаный и холоднокатаный	Закалка: 1050—1120°; вода или воздух	ГОСТ 5632-51	54	40	—	—	—	—

3. Сталь с особыми свойствами

б) Теплоемкость C , $\frac{\text{кал}}{\text{г.град}}$

Таблица 5

Сталь	Температура, °C			
	25—100	120	616	1050
1X18H9	0,12	—	—	—
2X18H9	—	0,112	0,174	0,242

в) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см.сек.град}}$

Таблица 6

Сталь	Температура, °C				
	25—100	25—500	37	285	534
1X18H9	0,04—0,05	0,0515	—	—	—
2X18H9	—	—	0,039	0,045	0,052

г) Удельный вес γ

для 1X18H9 = 7,87—7,90 г/см³, для 2X18H9 = 7,68 г/см³

7. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях стали вполне устойчивы. На деталях с плохим качеством поверхности могут появиться местные коррозионные пятна. Для наибольшей стойкости рекомендуется полировка.

Стали устойчивы против окисления на воздухе при температурах до 850—900° (потери при 900° от окисления около 1,2—4,0%).

Обе стали имеют склонность к интеркристаллитной коррозии после нагрева в интервале температур 500—800°, причем сталь 2X18H9 в большей степени, чем сталь 1X18H9.

В концентрированной азотной кислоте при комнатной температуре вполне устойчивы, при +50° С. — удовлетворительно устойчивы.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплачивается в электрических печах. При нагреве дляковки или проката необходим предварительный медленный подогрев до 820—850°. Ввиду низкой теплопроводности общая длитель-

Сталь кислотостойкая хромоникелевая 1X18H9 (Я1), 2X18H9 (Я2)

ность нагрева увеличена. Температурный интервал горячей механической обработки 1200—900°, обработка при температуре ниже 900° приводит к нагартовке стали (например, при прокатке тонких листов).

Ковка и прокат требуют большей затраты работы (из-за повышенной жаропрочности стали), чем для обычных конструкционных сталей.

Сталь удовлетворительно катается в холодном состоянии на лист (не тоньше 0,5 мм) и ленту с применением промежуточных подогревов.

Охлаждение после горячей механической обработки производится на воздухе.

Сталь штампуются в холодном состоянии, для сложных штамповок необходимы промежуточные отжиги (при 800—850°).

2. Обрабатываемость резанием. По отношению к стали А-12 обрабатываемость не выше 40% [1].

Из-за быстрого наклепывания сталь обрабатывается резанием по специальной технологии.

3. Термическая обработка. Режим термической обработки: температура закали 1080—1130° для марки 1X18H9 и 1100—1150° для марки 2X18H9; выдержка под закалку 5—10 мин.; закалочная среда — воздушная струя или вода (быстрое охлаждение предохраняет сталь от интеркристаллитной коррозии).

Нагрев закаленной стали выше 500° вызывает склонность к интеркристаллитной коррозии.

4. Свариваемость.

а) Свариваемость стали 1X18H9.

Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки. Сварные конструкции, работающие в азотной кислоте и ее смеси, после газовой, атомно-водородной и дуговой сварки должны подвергаться термической обработке (закалка с 1080—1130°).

Точечную и роликовую сварку рекомендуется проводить с интенсивным охлаждением места сварки водой. Точечная сварка производится на жестких режимах.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке — электроды УОНИ-13/НЖ-2 по ИО 518-55;

б) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока, Св-ОХ18Н9 или Св-Х18Н11М по ГОСТ 2246-54, флюс ВИ13-6 (НЖ8);

в) при автоматической сварке под слоем флюса — про-

3. Стали с особыми свойствами

Таблица 1 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источ-ник	σ_s	$\sigma_{0.2}$	σ_b	ψ
Лента полунагартованная (ПН)	Без термообработки	ГОСТ 4986-54	—	80	20 (σ_{10})	—
Лента нагартованная (Н)	Без термообработки	То же	—	100	13 (σ_{10})	—
Лента особо нагартованная (ОН)	То же	То же	—	115	8 (σ_{10})	—
Сортовой прокат	Заказка 1100—1150°—вода	ГОСТ 5949-51	20	55	45	60
Труба горячекатанная и холоднокатанная	Закаленная	ГОСТ 5543-50	—	56	40	—
Проволока	Нагартованная	ГОСТ 5548-50	—	110	—	—
Тонкий лист горячекатаный и холоднокатаный	Заказка 1100—1150°—вода	ГОСТ 5582-50	—	60	38	—
Лента холоднокатаная мягкая (М)	Термообработанная	ГОСТ 4986-54	—	58	35 (σ_{10})	—
Лента полунагартованная (ПН)	Без термообработки	То же	—	80	20 (σ_{10})	—
Лента нагартованная (Н)	То же	То же	—	100	13 (σ_{10})	—
Лента особо нагартованная (ОН)	То же	То же	—	11	8 (σ_{10})	—
Сортовой прокат	Заказка 1100—1150°—вода	ГОСТ 5549-51	22	58	40	55
Проволока	Нагартованная	ГОСТ 5548-50	—	110	—	—

* Нагартованная проволока испытывается навивкой (см. ГОСТ 145-50 приложение М 1).

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ

Механические свойства при повышенных температурах.
Механические свойства сталей 1X18H9 и 2X18H9 в закаленном состоянии при повышенных и пониженных температу-

Сталь кислотостойкая хромоникелевая 1X18H9 (Я1), 2X18H9 (Я2)

рах примерно равны соответствующим данным для стали 1X18H9T (ЭЯ1Т).

2. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь не подвержена отпускной хрупкости.

3. Нагартовка при холодной деформации (сталь 1X18H9) [2].

Таблица 3

Состояние материала	Диаметр, мм	Механические свойства		
		σ_s	$\sigma_{0.2}$	σ_b
Отожженный прут	6,1	61,87	24,6	135
Холодная протяжка (уменьш. сечения на 20%)	—	84,37	63,3	230
Холодная протяжка (уменьш. сечения на 40%)	—	112,49	105,4	300
Холодная протяжка (уменьш. сечения на 60%)	—	147,65	140,0	370
Холодная протяжка (уменьш. сечения на 80%)	—	178,0	178,0	400
Холодная протяжка (уменьш. сечения на 90%)	—	182,8	182,0	400

4. Механические свойства сварных соединений. Механические свойства сварных соединений стали 1X18H9 и 2X18H9 аналогичны механическим свойствам сварных соединений стали 1X18H9T.

5. Модуль нормальной упругости (см. сталь 1X18H9T).

6. Физические свойства [1].

а) Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$.

Таблица 4

Температура, °C, для Я1					Температура, °C, для Я2			
25—100	25—200	25—300	25—500		0	200	400	500
16,0	16,8	17,5	18,5	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8

3. Сталь с особыми свойствами

4. Термическая обработка. Сталь может закаливаться с температуры 950—1100° в масле или на воздухе. Длительная выдержка стали при температуре более 1050° приводит к росту зерна. Рекомендуемая температура закалки 1000—1050° с охлаждением в масле или на воздухе. Отпуск производится:

- а) между 200—300°, при этом получается прочность не менее 130 кг/мм²;
б) между 660—770°, при этом прочность получается 66—90 кг/мм².

Сталь при температурах отпуска, близких к 500°, получает минимальное сопротивление удару.

Температура низкого отжига для получения мягкой и вязкой стали 775—790°.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления деталей с повышенной твердостью при наличии коррозионного воздействия атмосферы и некоторых окислителей, а также для деталей, работающих при повышенных температурах — шестерен, авиационных приборов, зубчаток, винтов, гаек и других деталей.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Ф. Ф. Химмушин. Нержавеющие, кислотоупорные и жароупорные стали. Металлургия, 1945.
[2] «Машиностроение». Энциклопедический справочник Т. III, Машин, 1947.
[3] Справочник по авиационным материалам под ред. С. Т. Кислякова, 1950.
[4] Автомобильные конструкционные стали. Справочник, 1951.
[5] Данные НИИ Пя 989.
[6] Механические Нержавеющее железо и сталь ОНТИ, 1932.

СТАЛЬ КИСЛОТОСТОЙКАЯ ХРОМОНИКЕЛЕВАЯ
1X18H9(Y1), 2X18H9(Y2)

Основное назначение — изготовление деталей, работающих в условиях повышенных коррозионных воздействий. Применяется в закаленном или закаленном и нагартованном состоянии.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 5632-51).

Таблица 1

Марка	Содержание элементов, %					
	C	Si	Mn	Cr	Ni	S, P
		не более				не более
Y1	≤0,14	0,8	2,0	17,0—20,0	8,0—11,0	0,030 0,035
Y2	0,15—0,25	0,8	2,0	17,0—20,0	8,0—11,0	0,030 0,035

Для стали, подвергающейся сварке, содержание серы не должно превышать 0,020%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источ-ник	σ_s	σ_b	δ_5	ψ
			не менее			
Тонкий лист холоднокатаный и горячекатаный	Сталь 1X18H9 Закалка 1080—1120°, вода или воздух	ГОСТ 5582-50	—	55	35	—
Лист холоднокатаный	Нагартованный	ЧМТУ 3129-52	—	100	15	—
Лента холоднокатаная мягкая (М)	Термообработанная	ГОСТ 4986-54	—	54	35 (P ₁₀)	—

3. Сталь с особыми свойствами

Таблица 4

Характеристика	Температура отпуска °С				Состав стали, %
	500	600	700	750	
Заказка 900° в масле [1]					
σ_s	132,9	66,2	59,9	49,1	C=0,22 Cr=11,5 Ni=0,76
σ_b	138,6	88,6	73,5	69,2	
δ_5	9,5	24,0	26,0	28,0	
ψ	36,4	52,2	58,0	61,5	
α_k	2,2	3,3	8,6	9,3	
Заказка 1050° на воздухе [2]					
σ_s	95,0	65,0	42,0	—	
σ_b	125,0	85,0	60,0	—	
δ_5	7,0	10,0	20,0	—	
ψ	4,5	16,0	60,0	—	
α_k	5,0	7,0	8,0	—	

4. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь подвержена отпускной хрупкости.

5. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [3].

Таблица 5

Температура, °С	100	200	300	400	500
λ	0,061	0,062	0,064	0,067	0,069

б) Теплоемкость C в интервале $0-100^\circ \pm 0,11$ $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ [4].

в) Коэффициент линейного расширения α [4].

Таблица 6

Интервал температур, °С	0-100	0-200	0-300	0-400	0-500
$\alpha \cdot 10^{-6}$	9,8	10,4	10,9	—	11,3

Сталь нержавеющей, хромистая

2X13 (ЭЖ2)

г) Критические точки (приблизительно) $A_{c1} = 800-820^\circ$; $A_{c2} = 760^\circ$; $A_{c3} = 875-900^\circ$ [6].

д) Удельный вес $\gamma = 7,75 \text{ г/см}^3$ [4].

е) Удельное электросопротивление при $20^\circ \rho = 0,6 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ [3].

6. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях после термической обработки и полировки сталь вполне устойчива.

Неполированная поверхность при атмосферном хранении покрывается тонким слоем окислов.

В концентрированной азотной кислоте при комнатной температуре сталь удовлетворительно устойчива.

Сталь окалиностойка в среде воздуха до 750° . При этой температуре потеря металла на окалинообразование составляет около $1 \text{ г/м}^2 \cdot \text{час}$. Выше 825° окалинообразование резко усиливается.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, холодная и горячая деформация (см. сталь 1X13 (ЭЖ1)).

2. Обрабатываемость резанием (см. сталь 1X13 (ЭЖ1)).

3. Свариваемость. Сталь обладает ограниченной свариваемостью всеми видами сварки.

Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку, а также прихватку при толщине материала $2,5 \text{ мм}$ и более следует производить с предварительным местным подогревом до $300-350^\circ$.

Точечную сварку следует производить на «мягких» режимах с предварительным местным подогревом до $250-300^\circ \text{С}$.

После сварки не позднее чем через $2-3$ часа сварные узлы и конструкции необходимо подвергать отпуску при $650-750^\circ$.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке — электроды УОНИ-13/НЖ-2 по ГОСТ 518-55 со стержнем из сварочной проволоки Св-Х18Н11М или Св-2X13 по ГОСТ 2246-54;

б) при газовой и атомно-водородной сварке — сварочная проволока Св-Х18Н11М или Св-2X13 по ГОСТ 2246-54, флюс ВИЗ-6 (НЖ8);

в) при автоматической сварке под слоем флюса — сварочная проволока Св-Х18Н11М или Св-2X13 по ГОСТ 2246-54, флюс ФЦЛ-1 или ФЦЛ-2.

Примечание. Для сварки конструкций, работающих в агрессивных средах, в качестве присадочной проволоки брать проволоку только из стали Св-2X13.

СТАЛЬ НЕРЖАВЕЮЩАЯ ХРОМИСТАЯ 2Х13 (ЭЖ2)

Основное назначение — изготовление деталей с повышенной твердостью при наличии коррозионных воздействий или деталей, работающих при повышенных температурах.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ**1. Химический состав (ГОСТ 5632-51).**

Таблица 1

С	Содержание элементов, %					
	Mn	Si	Cr	S	P	Ni
	не более			не более		
0,16 0,24	0,6	0,6	12,0 14,0	0,030	0,035	0,6

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0.2}$	σ_b	δ	ψ	H_b
			не менее					
Лист горячекатаный	Отжиганный при 740...760°	ГОСТ 5582-50	—	50	20	—	—	—
Лист металла (Ni) холоднокатаный	Отжиганный	ГОСТ 4966-54	—	50	20	—	—	—
Сортной прокат	Отжиганный	ГОСТ 5949-51	—	—	—	126—197	—	—
То же	Закалка в масле 1500° в воде или масле, отпуск 600...770°	ГОСТ 5949-51	45	66	16—55	8	—	—

Примечание. Механические свойства, требуемые в изделиях, устанавливаются чертежами.

Сталь нержавеющая, хромистая**2Х13 (ЭЖ2)****II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА**

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства при высоких и низких температурах [5].

Таблица 3

Температура, °С	-193	-100	-75	-50	+20	+100	+200
$\sigma_{0.2}$	113,4	68,3	64,4	60,5	57,0	56,5	52,2
σ_b	125,3	114,5	87,4	84,8	78,2	72,1	67,0
δ_2	22,5	23,2	22,9	22,9	22,0	19,1	19,2
ψ	36,5	54,9	55,8	60,3	64,2	59,4	62,7
α_k	0,5	5,0	5,5	6,3	12,3	16,1	18,3

Таблица 3 (продолжение)

Температура, °С	+300	+400	+450	+500	+550	+600	+700
$\sigma_{0.2}$	50,0	47,9	—	42,8	—	29,7	17,3
σ_b	65,8	59,3	—	48,6	—	31,7	14,8
δ_2	16,6	17,4	—	23,1	—	33,8	48,6
ψ	59,4	59,7	—	72,3	—	85,5	95,6
α_k	18,4	17,5	17,6	18,5	19,1	20,1	27,9

Примечания: 1. Термообработка: закалка от 1050° на воздухе, отпуск 650°.

2. Образцы для испытаний на разрыв diam. 6 мм вырезались из заготовок diam. 16 мм.

3. Химический состав стали, %: C = 0,22; Mn = 0,30; Si = 0,29; P = 0,028; S = 0,020; Ni = 0,19; Cr = 14,32.

2. Модуль нормальной упругости E (см сталь 1Х13 (Ж-1)).

3. Механические свойства в зависимости от термообработки.

3. Сталь с особыми свойствами

- г) Критические точки см. сталь 2Х13 (ЭЖ2).
 д) Удельный вес $\gamma = 7,75 \text{ г/см}^3$.

7. **Коррозионная стойкость.** В атмосферных условиях после термической обработки и полировки сталь вполне устойчива.

Поверхность с пониженной чистотой обработки покрывается в атмосферных условиях тонким слоем окислов, мало увеличивающихся при длительном хранении.

В концентрированной азотной кислоте при комнатной температуре сталь удовлетворительно устойчива.

Эта сталь устойчива и против окисления в воздухе до $+750^\circ$; при этой температуре потеря металла составляет около $1 \text{ г/м}^2 \text{ час}$.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка, горячая и холодная деформация.** Выплавка стали производится в электрических печах. Горячая деформация (ковка, прокат) несколько затруднена из-за повышенной твердости стали. Температурный интервал горячей механической обработки $1150-850^\circ$.

При нагреве стали необходим предварительный медленный подогрев до $800-850^\circ$. Общая длительность нагрева увеличена из-за пониженной теплопроводности стали. Охлаждение после горячей механической обработки должно быть замедленным (в масле, в печи). В отожженном состоянии возможна холодная прокатка на лист (толщиной до $0,5 \text{ мм}$) и ленту и протяжку.

Штампуется в холодном состоянии удовлетворительно, для сложных штамповок необходим промежуточный отжиг при температуре $750-800^\circ$.

2. **Обрабатываемость резанием.** Относительная обрабатываемость (по сравнению с А-12) — 45% [1]. Сталь склонна давать надпины на режущем инструменте и задиры, особенно в отожженном состоянии.

3. **Термическая обработка.** Сталь может закаливаться с температуры $950-1100^\circ$ в масле или на воздухе.

Длительная выдержка стали при температуре более 1050° приводит к росту зерна. Рекомендуемая температура закалки $1000-1050^\circ$ с охлаждением в масле или на воздухе.

Для листов толщиной ниже 4 мм рекомендуется нормализация, листы толщиной выше 4 мм и прутковый материал закаливаются в масле. Отпуск производится между $200-450^\circ$ при требуемой прочности больше $100-120 \text{ кг/мм}^2$ и $650-750^\circ$ при прочности $60-80 \text{ кг/мм}^2$.

Температура низкого отжига для получения мягкой и вязкой стали $740-780^\circ$ с охлаждением на воздухе.

Сталь нержавеющая, хромистая 1Х13 (ЭЖ1)

4. **Свариваемость.** Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки.

Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку, а также прихватку сложных узлов и конструкций при толщине материала $2,5 \text{ мм}$ и более, следует производить с предварительным местным подогревом до температуры $300-350^\circ$.

Точечную сварку производить на «мягких» режимах с предварительным местным подогревом до $250-300^\circ \text{С}$.

После сварки не позднее чем через $8-10$ часов сварные узлы и конструкции необходимо подвергать отпуску при $650-750^\circ$.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке электроды УОНИ-13/НЖ-2 по НО 518-55 со стержнем из сварочной проволоки Св-0Х18Н9, Св-Х18Н11М или Св-1Х13 по ГОСТ 2246-54;

б) при газовой и атомно-водородной сварке сварочная проволока Св-0Х18Н9, Св-Х18Н11М или Св-1Х13 по ГОСТ 2246-54, флюс ВИ13-6 (НЖ8);

в) при автоматической сварке под слоем флюса сварочная проволока Св-0Х18Н9, Св-Х18Н11М или Св-1Х13 по ГОСТ 2246-54, флюс ФЦЛ-1, ФЦЛ-2;

г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-0Х18Н9, Св-Х18Н11М, Св-1Х13 ГОСТ 2246-54, аргон I состава по ТУ МХП 4315-54, вольфрам прутковый НИО 021.612.

Примечание. Для сварки конструкций, работающих в кислоте, в качестве присадочной проволоки брать проволоку Св-1Х13.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Из стали изготавливаются детали средней твердости, подверженные ударным нагрузкам, воздействию пара, некоторых окислителей, а также повышенных температур.

ИСТОЧНИКИ

- [1] «Автомобильные конструкционные стали». Справочник 1951.
 [2] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III, Машгиз, 1947.
 [3] Справочник по авиационным материалам. Т. II, Оборонгиз, 1960.
 [4] Данные НИИ. П/я 989.

3. Сталь с особыми свойствами

Таблица 4 (продолжение)

Ударная вязкость	Температура отпуска, °C						Примечание
	без отп.	200	400	500	600	700	
σ_s	—	—	—	100	75	60	Сертовой про- кат после закалки с 1050° на воздухе [2]
σ_b	—	—	—	80	55	42	
δ_5	—	—	—	8	12	20	
a_k	—	—	—	7	5	9	

3. Модуль нормальной упругости $E \cdot 10^{-3} = 19,6 - 21,0 \text{ кг/мм}^2$ [1].

4. Механические свойства сварных соединений

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9; для нахлесточных — 0,65.

Примечание. Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре [4].

Таблица 5

Термообработка до и после сварки	Предел прочности		Ударная вязкость
	миним.-макс. средн.	миним.-макс. средн.	
До сварки состояние поставки	83,0 — 86,6 85,6	6,98 — 9,28 7,95	

Примечание. Разрывные образцы с усилением, сварены дуговой сваркой электродом ЭИИ-13.11.Ж-2. Химический состав стали, %: С — 0,16; Cr — 12,4; Ni — 0,5.

Сталь нержавеющая, хромистая

1Х13 (ЭЖ1)

в) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез (после отжига или высокого отпуска) [4].

Таблица 6

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5—6	5—6	6—8	8—10	8—10	10—12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	300	700	1100	1600	2500	3500

5. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь подвержена отпускной хрупкости.

6. Физические свойства [1]:

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см сек град}}$

Таблица 7

Температура, °C	29	277	662	756
λ	0,055	0,052	0,058	0,054

б) Теплоемкость C , $\frac{\text{ккал}}{\text{г град}}$

Таблица 8

Температура, °C	20	84	200	585	1009
C	—	0,107	—	0,220	0,202

в) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 9

Температура, °C	20	100	200	300	500
$\alpha \cdot 10^6$	—	11,2	12,6	13,7	14,3

СТАЛЬ НЕРЖАВЕЮЩАЯ, ХРОМИСТАЯ 1Х13 (ЭЖ1)

Основное назначение — изготовление деталей, требующих повышенной коррозионной стойкости или работающих при повышенных температурах

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 5632-51)

Таблица 1

Содержание элементов, % не более						
C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni
0,15	0,6	0,6	12,0—14,0	0,030	0,035	0,6

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источники	σ_s	$\sigma_{0.2}$	σ_b	δ_5	δ_{10}	H_b
н е м е е с								
Лист горячекатаный	Отожженный при 740—780°	ГОСТ 5632-51	40	21	—	—	—	—
Лист холоднойкатаный	Отожженный	ГОСТ 4986-54	40	21	—	—	—	—
Сортной прокат	Отожженный	ГОСТ 5949-51	—	—	—	—	—	121—187
То же	Закалка 1000—1050° в воде или масле отпуски при 700—750°	То же	42	60	20	60	9	—

Сталь нержавеющая, хромистая

1Х13 (ЭЖ1)

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Механические свойства основного металла при повышенных и пониженных температурах [4].

Таблица 3

Температура, °С	-193	-74	-40	+20	+200	+300	+400	+450	+500	+550	+600	+700
σ_b	116,3	87,5	84,2	79,0	73,1	71,9	65,6	61,8	53,1	47,1	35,1	14,4
σ_s	118,3	98,6	93,2	95,0	81,9	81,9	73,1	64,7	57,4	48,8	37,8	17,8
δ_{10}	0	12,3	12,4	14,0	9,4	7,8	9,0	10,0	10,1	13,9	15,1	20,3

Примечания: 1. Термообработка: нормализация с 1050°, отпуск при 580°, выдержка 1,5 часа.
2. Химический состав стали, %: C=0,12; Mn=0,29; Si=0,20; S=0,020; P=0,026; Cr=11,77; Ni=1,41.
3. Образцы вырезались из листа толщиной 3,5 мм в продольном направлении. Ширина образца 8 мм, длина 65 мм.

2. Механические свойства в зависимости от термообработки.

Таблица 4

Характеристики	Температура отпуска, °С						Примечание
	без отп.	200	400	500	600	700	
σ_b	107—112	107—109	107—112	112	80	70	Лист толщиной 3 мм, после закалки на воздухе с 1050° Состав стали, %: C=0,09 Cr=12,78 [3 и 4]
σ_s	90—92	88	91	92	88—90	63	
δ_5	7—10	8	7,5—9,5	9—10	22	25	

3. Сталь с особыми свойствами

на $\sigma_s = 80-95 \text{ кг/мм}^2$ рекомендуется отпуск в интервале температур 560—600°, в зависимости от плавки.

3. Свариваемость. Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. При ручной и механизированной аргонодуговой сварке плавящимся электродом во избежание пористости швов обратная сторона стыковых соединений должна защищаться подкладкой с петухом узкой канавкой. Лучшие результаты получаются при защите обратной стороны шва аргоном или азотом, подаваемым в канавку приспособления. Ручную дуговую, газовую и атомно-водородную сварку, а также прихватку жестких замкнутого контура при толщине материала 2,5 мм и более, производить с предварительным местным подогревом до 300—350° С. Аргоно-дуговую сварку без присадки следует производить без прихваток, во избежание трещин.

Автоматическая сварка под слоем флюса может производиться из стальных, медных, графитовых и т. п. подкладках. В медных и графитовых подкладках должна быть формирующая канавка. Конструктивные размеры подкладок с канавкой выбираются в зависимости от толщины свариваемых листов.

Контактную сварку (точечную) необходимо производить на «мягких» режимах. После сварки, не позднее, чем через 8—10 часов, сварные узлы и конструкции необходимо подвергать высокому отпуску.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке электроды КЭ-1 или КЭ-2 по ГОСТ 518-55;

б) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-Х5М по ГОСТ 2246-54; флюс АН-348 или АН-348А;

в) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-Х5М ГОСТ 2246-54, аргон I состава по ТУ МНП 4315-54, аргон II состава по ТУ МНП 4315-54 с содержанием азота не более 0,27 %.

Вольфрам прутковый по НПО 021 612;

г) газовая и атомно-водородная сварка: проволока Св-Х5М ГОСТ 2246-54.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления холодных штамповок из листа толщиной до 2,5 мм; горячих штамповок без ограничения толщины; сварка всех видов.

Типичные примеры применения:

Сталь может быть использована для тонкостенных сварных емкостей и отдельных деталей, работающих при повышенных температурах до 500° или пониженных до -60°.

Сталь теплоустойчивая хромомолибденовая малоуглеродистая 12Х5МА

В резервуарах и баках рекомендуется применять сталь со следующими механическими свойствами:

а) $\sigma_s \geq 100 \text{ кг/мм}^2$, $\sigma_b \geq 90 \text{ кг/мм}^2$.

В этом случае необходима полная термообработка, нормализация + отпуск после сварки всего резервуара, причем рекомендуемая температура отпуска 400°. Подварки без последующей полной термической обработки не допускаются.

б) $\sigma_s = 80-95 \text{ кг/мм}^2$, $\sigma_b \geq 70 \text{ кг/мм}^2$.

При этом необходима полная термическая обработка сварных узлов конструкции, но, в случае больших затруднений с проведением полной термообработки, допускается применение только отпуска закрывающих сварных швов, а также подварок уже нормализованных сварных швов, при температурах не ниже 560° С для снятия сварочных напряжений.

в) $\sigma_s = 70-80 \text{ кг/мм}^2$, $\sigma_b \geq 60 \text{ кг/мм}^2$.

При этом необходима полная термическая обработка сварных узлов конструкции на заданную прочность. Допускается применение только отпуска при температурах не ниже 500° для снятия сварочных напряжений.

Необходимо обращать внимание на правильное конструктивное решение отдельных узлов, обеспечивающее отсутствие больших напряжений в конструкции.

ИСТОЧНИКИ

- [1] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III. Машгиз, 1947.
- [2] В. А. Ларичев. Качественные стали для котельных установок. 1961.
- [3] Данные НИИ. П/я 989.

Таблица 11

Интервал температур, °C	0-100	0-200	0-300	0-400	0-500	0-600	0-700
$\alpha \cdot 10^6$		11,5	12,2	12,7	12,95	13,15	13,25

6) Теплопроводность $\lambda = \frac{89,1}{\alpha \cdot \text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}} [2]$.

Таблица 12

Температура, °C	400	500	600	700	800
λ	0,087	0,084	0,082	0,080	0,078

в) Критические точки: $t_1 = 810^\circ$, $t_2 = 850^\circ$, $t_3 = 720^\circ$, $t_4 = 800^\circ$.

г) Удельный вес $\gamma = 7,5 \text{ г/см}^3$.

д) Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях сталь несколько более устойчива, чем углеродистые стали, но не достаточно.

Наружная поверхность емкостей и других сборок защищается лакокрасочными покрытиями по НО 544-55.

Внутренняя поверхность требует специальных мер защиты в зависимости от конструкции и назначения.

Так, емкости в настоящее время обрабатываются нитритом натрия, возможно применение герметизации с осушкой воздуха или фосфатирование по ТУ 103-55. В последнем случае нагрев во время предшествующей термической обработки необходим, вост с применением защитной атмосферы по РМН 540-55.

Прочие детали могут подвергаться также цинкованию по НО 273-54.

III ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Плавка стали производится в электропечи.

Сталь теплоустойчивая хромомолибденовая малоуглеродистая 12Х5МА

Горячий прокат прутков, профилей, труб и листов не вызывает затруднений так же, как ковка и горячая штамповка.

Температура нагрева под ковку 1100—1150°, температура окончания горячей деформации 850°. Охлаждение поковок замедленное (сталь закаливается на воздухе).

Температура нагрева листовых заготовок под горячую штамповку 950—980°.

Температура окончания штамповки 750—780°.

Сталь штампуется в холодном состоянии удовлетворительно (после предварительного отжига заготовок).

2. Термическая обработка. Сталь относится к мартенситному классу.

При назначении режимов термообработки следует иметь в виду следующие особенности стали:

а) На механические свойства стали большое влияние оказывает содержание углерода, поэтому необходимо подбирать режимы термообработки для каждой плавки в отдельности, а сборки, подвергающиеся термообработке, следует комплектовать из деталей, изготовленных из одной плавки.

б) При отпуске на температуры выше 550° наблюдается резкое снижение прочности стали, поэтому температура отпуска в этом интервале должна выдерживаться с точностью $\pm 5^\circ$.

в) Сталь склонна к хрупкости при отпуске в интервале температур 450—550°, что характеризуется непластичным разрушением тонкостенных сварных емкостей.

Оптимальные режимы термообработки.

Отжиг прутков и поковок производится при 860—880°, охлаждение с печью до 600°, далее на воздухе.

Нормализация и закалка прутков и поковок производится с 900—920°. Время выдержки в зависимости от размера и загрузки, но не менее 1,5 час.

Отжиг для снятия листовых заготовок 760°, выдержка 2 час, охлаждение до 600° с печью или на воздухе.

Для обеспечения снятия сварочных напряжений необходим отпуск при температуре выше 560°.

Для облегчения правки сварных обечаек перед окончательной термообработкой необходим отпуск 670 \pm 10°, выдержка 1,5—2,0 час, охлаждение на воздухе.

Нормализация листового материала 900—920°, выдержка 10—15 мин, охлаждение на воздухе.

Для снижения структурных напряжений при обработке на $\sigma_t > 100 \text{ кг/мм}^2$ рекомендуется отпуск при 400°. При обработке

3. Сварные соединения

а) Механические свойства сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

Таблица 9

Температура испытания, °C	Температура испытания, °C		Температура испытания, °C
	-150 -100 -50 -20	+100 +200 +300 +400 +500 +600 +700	
Результаты испытаний			
До и после сварки			
До сварки нормализация с отпусканием 540° 15 часов			
До сварки нормализация с отпусканием 400° 3 часа			
После сварки нормализация с отпусканием 540° 15 часов			
После сварки нормализация с отпусканием 400° 3 часа			

б) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

в) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

г) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

д) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

е) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

ж) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

з) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

и) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

й) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

к) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

л) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

м) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

н) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

о) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

п) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

р) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

с) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

т) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

у) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

ф) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

х) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

ц) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

ч) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

ш) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

щ) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

ъ) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

ы) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

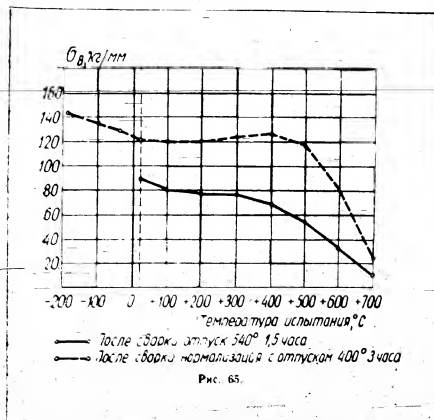
э) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

ю) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

я) Испытания сварных соединений при повышенных и пониженных температурах [5]

Сталь теплоустойчивая хромокремнистая малоуглеродистая 12Х5МА

Предел прочности сварных соединений при разных температурах (табл. 9).



г) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [3]

Таблица 10

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электродов, мм	5-6	5-6	6-8	8-10	8-10	10-12
Минимальная допустимая прочность на срез, кг	300	700	1100	1600	2500	3500

8. Физические свойства

а) Коэффициент линейного расширения [2]

3. Свойства и свойства

4. Влияние содержания углерода на твердость [3].

Таблица 6

Содержание углерода, %	Твердость по шкале Роквелл H_{RC}	Температура отпуска с выдержкой 1,5 часа							
		540	560	580	590	590	590	590	590
		Твердость после отпуска							
0,06	29	29-30	28-29	28-29	28-29	28-29	22	17	
0,08	33-34	31	32-33	33	28-29	24	17	18	
0,10	35	33	34-35	34	31	27	28-29	21	
0,11	35-36	36-37	33-36	35	32	27	28-29	22	
0,15	34-35	34-36	32-33	31-32	30	27-28	19-20		
0,17	33	33-36	30-32	30	32-34	27	28	23	



Рис. 62

Сталь теплоустойчивая хромолибденовая малоуглеродистая 12Х5МА

5. Влияние времени выдержки при отпуске на твердость [3].

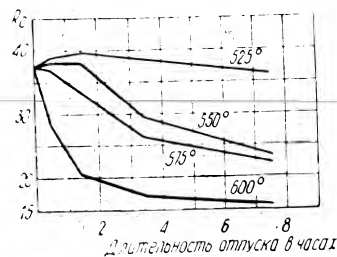


Рис. 63

6. Изотермический распад аустенита [3].

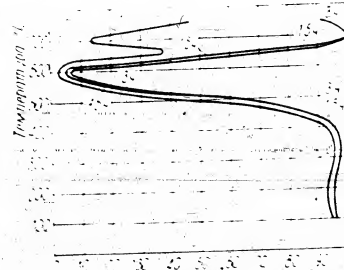


Рис. 64

3. Сталь с особыми свойствами

2. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [3]

Таблица 4

Термообработка	H_b	$\sigma_{0.2}$	σ_s	δ_{10}	a_k
Отжиг 900° 1 час, охлаждение с печью	154	20,6	49,3	27,4	—
Нормализация 900°	350	85,3	122,1	7,8	10,35
Нормализация 900° 1 час, отпуск 400°	323	89,2	117,8	9,0	11,1
• 450°	373	101,7	130,7	11,1	10,6
• 500°	378	98,7	122,3	11,4	11,1
• 550°	386	105,1	124,5	10,1	11,5
• 580°	378	106,4	127,0	8,9	11,0
• 620°	354	104,1	108,1	8,1	12,25
• 680°	283	73,3	80,1	11,2	13,6
• 700°	229	60,2	68,6	13,1	—
• 750°	187	49,5	61,2	17,7	14,9

Примечание 1: Химический состав: $\% \text{C} = 0,10$, $\text{Mn} = 0,50$, $\text{Cr} = 0,82$, $\text{Ni} = 0,30$, $\text{Si} = 0,25$, $\text{N} = 0,012$, $\text{S} = 0,018$.
 2. Механические свойства определены на образцах.
 3. Ударная вязкость определена на стандартных образцах.

Сталь теплоустойчивая хромомolibденовая малоуглеродистая 12Х5МЛ

Механические свойства нормализованной стали 12Х5МЛ в зависимости от температуры отпуска (табл. 4).

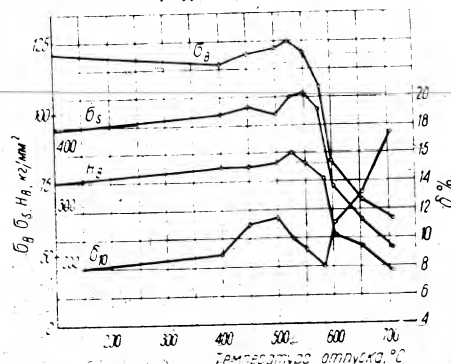


Рис. 61.

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [3]

Таблица 5

Температура, °C	-193	-100	-50	+20	+200	+300	+350	+400	+450	+500
$E \cdot 10^{-3}$	25,0	22,3	21,8	21,1	20,3	19,6	19,3	19,2	18,7	18,35

Примечание: Модуль определен на стали химического состава: $\% \text{C} = 0,11$, $\text{Mn} = 0,36$, $\text{Si} = 0,25$, $\text{N} = 0,019$, $\text{Cr} = 0,82$, $\text{P} = 0,018$, $\text{S} = 0,012$.

3. Свойства основных свойств

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

входящих в их состав

1. Механические свойства при разных температурах (кратковременные испытания) [3]

Таблица 3

Температура испытания, град. С	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.1}$	$\sigma_{0.01}$	$\sigma_{0.001}$	$\sigma_{0.0001}$	$\sigma_{0.00001}$	$\sigma_{0.000001}$	$\sigma_{0.0000001}$	$\sigma_{0.00000001}$
а) нормализация с 900° отпуск 500° (с. 100)									
193	125,2	120,4	4,4	25,0	—	—	—	—	—
100	91,0	90,9	10,7	22,3	141,2	154,1	5,0	1,3	—
74	—	—	—	—	107,8	126,4	11,8	9,1	—
50	89,1	88,0	9,7	21,8	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	104,6	123,2	10,9	9,3	—
-20	81,8	80,7	8,3	21,1	99,0	117,3	11,5	10,3	—
+200	77,9	86,4	7,6	20,3	101,8	117,5	9,7	12,2	—
+300	76,3	84,3	7,6	19,6	—	—	—	—	—
+400	76,2	84,2	7,4	19,3	89,0	105,7	7,9	—	—
+500	67,1	70,2	7,4	19,2	88,0	99,6	7,2	9,7	—
+550	—	—	—	—	87,5	90,5	7,4	—	—
+600	—	—	—	—	68,7	73,2	7,4	—	—
+700	—	—	—	—	—	—	—	—	—
б) нормализация с 900° отпуск 500° (с. 100)									
193	125,2	120,4	4,4	25,0	—	—	—	—	—
100	91,0	90,9	10,7	22,3	141,2	154,1	5,0	1,3	—
74	—	—	—	—	107,8	126,4	11,8	9,1	—
50	89,1	88,0	9,7	21,8	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	104,6	123,2	10,9	9,3	—
-20	81,8	80,7	8,3	21,1	99,0	117,3	11,5	10,3	—
+200	77,9	86,4	7,6	20,3	101,8	117,5	9,7	12,2	—
+300	76,3	84,3	7,6	19,6	—	—	—	—	—
+400	76,2	84,2	7,4	19,3	89,0	105,7	7,9	—	—
+500	67,1	70,2	7,4	19,2	88,0	99,6	7,2	9,7	—
+550	—	—	—	—	87,5	90,5	7,4	—	—
+600	—	—	—	—	68,7	73,2	7,4	—	—
+700	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание: Химический состав: сталь 12Х5НМ
 $\text{Fe} = 0,02$ $\text{Si} = 0,26$ $\text{Mn} = 0,19$ $\text{Cr} = 4,62$ $\text{P} = 0,016$ $\text{S} = 0,012$
 $\text{Nb} = 0,002$

Сталь теплоустойчивая хромокобальденая малоуглеродистая 12Х5МН.

Механические свойства стали 12Х5МН в зависимости от температуры испытания (табл. 3, при отпуске 565°).

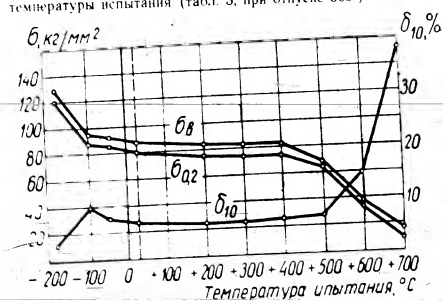


Рис. 59.

Механические свойства стали 12Х5МН в зависимости от температуры испытания (табл. 3, при отпуске 530°).

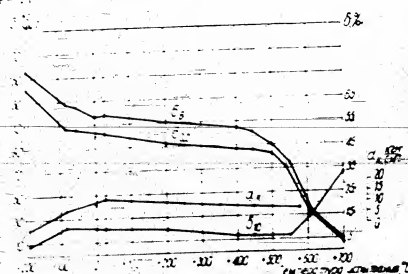


Рис. 60.

**СТАЛЬ ТЕПЛОУСТОЙЧИВАЯ ХРОМОМОЛИБДЕНОВАЯ
МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ, ПОВЫШЕННОЙ ХИМИЧЕСКОЙ
СТОЙКОСТИ 12Х5МА**

Основное назначение — для изготовления сварных емкостей и для работы при температуре до 500°. После сварки обязательна термическая обработка.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

Таблица 1

Источник	Содержание элементов, %						
	C	Cr	Mo	Mn	Si	Ni	S P
				не более			
ЧМТУ 3697-53	0,09—0,15	4,5—6,0	0,50—0,60	0,60	50,5	0,03	0,030
ТУ 788-50	не более 0,15	4,0—6,0	0,45—0,65	0,50	50,3	0,035	0,035
МПТУ 4179-53	0,09—0,15	4,5—6,0	0,50—0,60	0,60	50,5	0,030	0,030

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	%		
			σ_b	σ_s	δ_5
			не менее		
Толстый лист горячекатаный и холоднокатаный	отожжен.	ЧМТУ 3697-53	—	40—60	18
Бесшовные трубы	отожжены, или горячекатаные	МПТУ 4179-53	—	40	15
Заготовки	горячекатаные	ТУ 788-50	25	45	20
Сварочный металл	отожжен.	ТУ 788-50	25	45	20

Все механические свойства на отожженных образцах.

3. СТАЛИ С ОСОБЫМИ
СВОЙСТВАМИ

При ручной электродуговой, газовой и атомно-водородной сварке, а также прихватке сложных конструкций при толщине материала более 2,5 мм необходим местный подогрев до 280—300°С.

Контактную (точечную) сварку необходимо производить на «мягких» режимах с предварительным подогревом до 250—300°. После сварки, не позднее чем через 8—10 час, сварные швы и конструкции необходимо подвергать высокому отпуску.

Рекомендуемые материалы:

- а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/85, ВНИИ-4/101/ по ГОСТ 518-55;
- б) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-18ХМА по ГОСТ 2246-54, флюс АН-348 или АН-348А;
- в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-18ХМА по ГОСТ 2246-54;
- г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-18ХМА ГОСТ 2246-54, аргон I состава по ТУ МХП 4315-54, вольфрам прутковый НПО.021.612.

Примечание. При автоматической, газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сварке конструкций в узлах с пределом прочности 90 н/мм² и выше — применять сварочную проволоку Св-08А по ГОСТ 2246-54, а при ручной дуговой сварке — электроды ВНИИ-4/101/ со стержнем Св-08А, УОНИ-13/85, УОНИ-13/85.

4. Термическая обработка. Температура высокого отпуска, нормализации, закалки 600±10°.

Температура нормализации и закалки сварных конструкций при применении присадочной проволоки Св-18ХМА—910±10°.

Для перекристаллизации наплавленного металла рекомендуется перед закалкой применять нормализацию.

Охлаждение после закалки производится в масле и воде (для предотвращения деформаций).

Для снятия напряжений рекомендуется высокий отпуск при температуре 600±10°, выдерживание с печью до 600°.

Для снятия напряжений до 600° (при нормальной выдержке) сварные швы не обрабатываются.

IV. Область применения

Применяется для изготовления сварных узлов конструкций, работающих в условиях, требующих высокой прочности до

$\sigma_s = 110—130 \text{ кг/мм}^2$ путем обычной закалки с отпуском и до 160 кг/мм² путем изотермической закалки.

Емкости, работающие под давлением, рекомендуется обрабатывать на прочность не выше $\sigma_s = 130 \text{ кг/мм}^2$.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Справочник по легированным материалам. Т. I. Оборонгиз, 1950.
- [2] Справочник по легированным материалам. Вып. I. Т. I. Оборонгиз, 1947.
- [3] А. А. Шимков. Справочник термиста. Машгиз, 1952.
- [4] «Автомобильные конструкционные стали». Справочник Машгиз, 1951.
- [5] «Машиностроение» Энциклопедический справочник. Т. III. Машгиз, 1947.
- [6] В. Д. Сидоровский. Превращения переохлажденного аустенита (атлас диаграмм). Металлургия, 1947.
- [7] М. В. Попова. Сварка в самолетостроении. Оборонгиз, 1947.
- [8] Данные НИИ. Л/к 989.

6. Прокаливаемость.

По методу горчковой закалки [3].

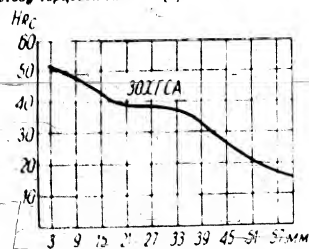


Рис. 57. Расстояние от торца

Изотермическая закалка [2].

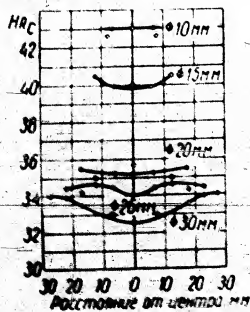


Рис. 58.

7. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь склонна к отпускной хрупкости.

8. Физические свойства:

а) Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$ при $20-100^\circ = 11.0$ [1].

б) Теплопроводность λ при $+20^\circ = 0,09 \frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [1].

в) Удельный вес $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$ [1].

г) Критические точки $A_{c1} = 760^\circ$; $A_{r1} = 670^\circ$; $A_{c2} = 830^\circ$; $A_{r2} = 705^\circ$ [4].

9. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях сталь малоустойчива. Коррозионная стойкость ее ниже, чем у среднеуглеродистой стали. Применяется при дополнительной защите по НО 273-54 (цинкование), НО 274-54 (кадмирование), НО 269-54 (оксидирование), НО 270-54 (фосфатирование) и НО 544-55 (лакообразующие покрытия).

В кислотах неустойчива.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских и электрических печах. Деформируемость (ковка, прокат, штамповка) в горячем состоянии хорошая, штампуемость в холодном состоянии — нормальная.

Пластичность в отожженном состоянии удовлетворительная, доступны гибка и выколотка.

Температурный интервал горячей механической обработки $1150-850^\circ$. Изготавливаемые полуфабрикаты: горячекатаные листы, сортовой прокат, трубы, поковки, холоднокатаные листы, калиброванные прутки.

2. Обрабатываемость резанием. (см. 25 ХГСА).

3. Свариваемость. Сталь можно сваривать всеми видами сварки. При содержании углерода до 0,30% сталь обладает удовлетворительной свариваемостью.

При содержании углерода более 0,30% наблюдается большая склонность к образованию трещин при сварке.

При газовой и атомно-водородной сварке сложных узлов и конструкций сталь склонна к образованию трещин.

2. Конструкционные легированные стали

г) Механические свойства в зависимости от режимов изотермической обработки и толщины материала [1].

Таблица 9

Максимальная толщина (для сваренного изделия), мм	Т-ра изотермической выдержки		Примечание
	$t_{\text{из}} = 110-145$ кг/мм ²	$t_{\text{из}} = 120-150$ кг/мм ²	
До 4,0	400	390	Охлаждающая среда (масло-солятра) интенсивно перемешивается.
4,1-8,0	390	380	
8,1-10,0	380	370	Температура нагрева над закалку $850 \pm 10^\circ$
10,1-15,0	370	360	

Примечание: Максимально допустимые сечения: при изотермической закалке сквозного цилиндра 15 мм, для пластин и для труб (толщина стенки) — 8 мм.

Рекомендуется для повышения предела пропорциональности, предела текучести и ударной вязкости — после изотермической закалки производить низкий отпуск при температурах до $300-350^\circ \text{C}$.

Хромокремнемарганцовистая сталь

30ХГСА

5. Изотермический распад аустенита [6].

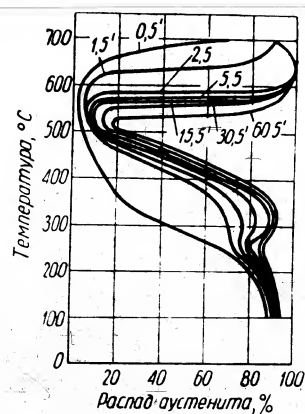


Рис. 68.

Состав стали в %: C — 0,35; Mn — 1,00; Si — 1,30; Cr — 1,31.

б) Изменение механических свойств прутков в зависимости от температуры отпуска [4].

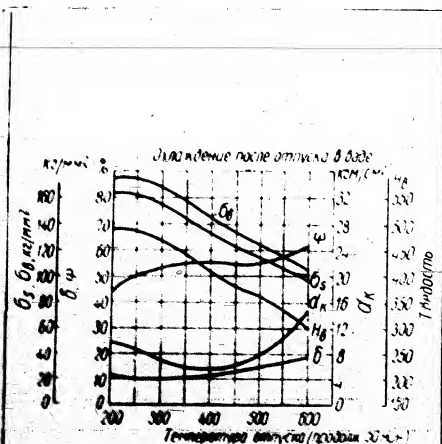


Рис. 54

в) Изменение механических свойств при изотермической закалке в зависимости от температуры изотермической выдержки [2].

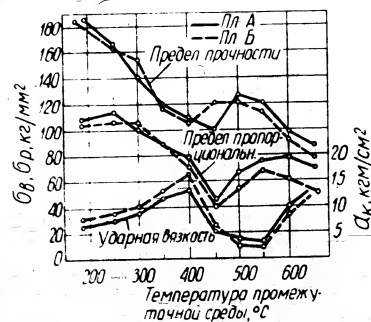


Рис. 55

Выдержка производилась в соляной ванне в течение 30 мин с последующим охлаждением в воде. Химический состав в %:
 плашка А: С — 0,34; Мп — 1,02; Cr — 0,26; Si — 0,90;
 плашка Б: С — 0,27; Мп — 0,88; Cr — 0,82; Si — 1,08.

2 Конструкционные легированные стали

2. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [8].

Таблица 4

Температура, °C	-193	-100	-50	+30	+200	+300	+350	+400	+450	+500
$E \cdot 10^{-4}$	21,8	20,5	20,5	20,2	18,6	17,75	17,5	17,7	17,25	16,4

Примечания. Химический состав стали, %: С=0,35; Mn=0,84; Si=1,08; Cr=0,83; S=0,0080; P=0,0020; Ni=0,35; (σ_s — 120 кг/мм²).

3. Механические свойства сварных соединений.

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала.

Таблица 5

Термическое состояние до и после сварки	Расчетный коэффициент		Источник
	для стыковых соединений с усилением	для нахлесточных соединений	
До сварки отжиг, после сварки нормализация или отпуск	0,9	0,85*	[8]
До сварки закалка с отпуском на прочность 78±5 кг/мм ²	0,7	—	[7]
До сварки закалка с отпуском на прочность 88±5 кг/мм ²	0,85	—	[7]
До сварки закалка с отпуском на прочность 98±5 кг/мм ²	0,9	—	[7]

* Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений задается в 2-х вариантах: в первом случае устанавливается на основании данных испытаний сварных соединений, во втором — на основании данных испытаний основного металла при температуре не 30—35° C, а при температуре до сварки.

Хромокремнемарганцевистая сталь

30ХГСА

6) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре.

Таблица 6

Термообработка до и после сварки	Вид сварки и при-соединительный материал	Предел прочности стыкового соединения с усилением (мин.-макс. средн.)	Ударная вязкость (мин.-макс. средн.)	Источник
До сварки отжиг. После сварки нормализация, закалка с отпуском на прочность 120+10 кг/мм ²	Автоматическая сварка под слоем флюса, проволока Св-18ХМА по ГОСТ 2246-54	116,6—124,5 121	6,03—9,4 8,14	[8]
До сварки закалка на прочность 120+10 кг/мм ² . После сварки отпуск	Ручная дуговая сварка. Электрод ВИ-10-6 (101) со стержнем Св-08А по ГОСТ 2246-54	100—110 105	—	[7]
До сварки закалка с отпуском на прочность 78±5 кг/мм ² . После сварки отпуск	То же	70—80 75	—	[7]

в) Минимально допустимая прочность сварных швов на срез (после отпуска при 600—650°) [8].

Таблица 7

Толщина более тонкой детали, мм	0,3	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отсечки от электрода, мм	5—6	5—6	6—8	8—10	8—10	10—12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	300	700	1100	1600	2000	3000

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства основного металла: за при повышенных и пониженных температурах.

Температура испытания, °C	Таблица 3									
	-190	-100	-74	-50	0	+20	+100	+200	+300	+400

а) Закалка с 800° в масле + отпуск 520°, 1 час

Температура испытания, °C	Таблица 3									
	-190	-100	-74	-50	0	+20	+100	+200	+300	+400

б) Закалка с 800° в масле + отпуск 420°, 1 час

Температура испытания, °C	Таблица 3									
	-190	-100	-74	-50	0	+20	+100	+200	+300	+400

Хромокремнемарганцовистая сталь

30ХГСА

Таблица 3 (продолжение)

Температура испытания, °C	Таблица 3 (продолжение)									
	-190	-100	-74	-50	0	+20	+100	+200	+300	+400

в) Закалка с 880° в масле + отпуск 225°

Температура испытания, °C	Таблица 3 (продолжение)									
	-190	-100	-74	-50	0	+20	+100	+200	+300	+400

г) Термобработка (закалка + отпуск) на КТ-60

Температура испытания, °C	Таблица 3 (продолжение)									
	-190	-100	-74	-50	0	+20	+100	+200	+300	+400

Примечания. 1. Различные образцы изложены в пункте «а» и «б», толщина 1 мм, d=15 мм.
2. Химический состав образцов в пунктах «а» и «б», %: C=0,36; Mn=0,84; Si=1,06; Cr=0,83; S=0,02; P=0,02; Ni=0,36.
3. Химический состав образцов в пункте «в», %: C=0,33; Mn=1,00; Si=1,10; Cr=0,88; S=0,019; P=0,024; Ni=0,08.
4. Химический состав углеродистых образцов, %: C=0,28; Mn=0,94; Si=0,97; Cr=0,88; S=0,019; P=0,024.

2 Механические свойства (в состоянии поставки)

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	не менее					$\delta_{\text{отп}}$
			σ_s	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.01}$	ψ	a_k	
Сортной прокат горячей	Отпущенный или отожженный	ГОСТ 4543-48	—	—	—	—	—	не менее 4,0
	Нормализованный	То же	—	—	—	—	—	То же
	Без термической обработки	—	—	—	—	—	—	по ТУ на поставку
	То же*	—	85-110	10	—	45-4,5	—	—
Горелка, темные и кованые прутья	Отпущенные или отожженные	МЧМТУ 3290-52	—	—	—	—	—	4,8—4,0
	Каленные, в нагарованном состоянии	То же	—	—	—	—	—	—
	То же**	—	85-110	10	—	45-5,0	3,5—3,2	—
	То же***	—	160	—	—	40-5,0	не более 2,9	—
Песковик	Нормализованный с высоким отпусканием	МЧМТУ 2332-49	—	—	—	—	—	4,8—4,0
	То же**	То же	85-110	10	—	45-5,0	3,5—3,2	—
	То же***	—	160	—	—	40-5,0	не более 2,9	—
	То же****	—	—	—	—	—	—	—

* Механические свойства приведены после термической обработки: для отпущенного — отпуск 550° в масле, отпуск 530° — вода 12 ч после (ГОСТ 4543-48).

** То же, что примечание * но отпуск в интервале 510—570° (МЧМТУ 3290-52).

*** То же, что примечание * но отпуск 200—230° (МЧМТУ 2332-49).

Хромокремнемарганцовистая сталь 30ХГСА

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Хостящие поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_{0.01}$	ψ	a_k	$\delta_{отп}$
			не менее					
Трубы бесшовные холоднокатаные (толщина стенок до 12 мм)	Отожженные	ГОСТ 301-50	—	50	—	18	—	не менее 4
	То же	ТУ 1078-49	—	50	—	18	—	—
	Нормализованные или высокоотпущенные	То же	—	70-95	—	11	—	—
	То же****	—	—	110	10	—	5,0	—
Лист холоднокатаный и горячекатаный	Отожженный или высокоотпущенный, толщиной до 4 мм	ГОСТ 2672-62	—	55-75	—	16	—	—
	То же, толщиной свыше 4 мм	То же	—	55-75	—	15	—	4,85-4,07
	То же****	—	—	110	10	—	5,0	—
	То же****	—	—	110	10	—	5,0	—

**** То же, что примечание *, но отпуск в интервале 510—570° (ГОСТ 2672-62).

2. Конструкционные легированные стали

ГОСТ 2246-54, аргои I состава по ТУ МХП 4315-54, вольфрам прутковый НН0021.612

Примечание. При автоматической, газовой, атомно-водородной и аргоно-дуговой сварке конструкций с пределом прочности 90 кг/мм² и менее — применять сварочную проволоку Са-06А по ГОСТ 2246-54, а при ручной дуговой сварке — электроды ВП10-6 (101) со стержнем Са-06А, УОНИ 13/45, УОНИ 13/55, УОНИ 13/65.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Рекомендуется применять для изготовления ответственных деталей и сварных узлов, обрабатываемых в диапазоне прочности σ_s — 100—130 кг/мм² ($\sigma_s > 85$ кг/мм²).

Особенно рекомендуется применять в тех случаях, когда требуется хорошая свариваемость и значительная пластичность (взамен стали 30ХГСА).

ИСТОЧНИКИ

- (1) М. В. Поляков. Сварка в самолетостроении. Оборонгиз, 1947.
- (2) Технический отчет НИИТ, 1952.
- (3) Данные завода ПЛ 5.
- (4) Справочник по авиационным материалам Т. I, Оборонгиз, 1947.
- (5) Справочник по авиационным материалам. Вып. I, т. I, Оборонгиз, 1950.
- (6) «Машиностроение». Энциклопедический справочник Т. III. Машгиз, 1947.
- (7) Данные НМ ПЛ 980.

ХРОМОКРЕМНЕМАРГАНЦОВИСТАЯ СТАЛЬ 30ХГСА

Основное назначение — изготовление штампованных и механически обрабатываемых деталей и сварных конструкций ответственного назначения повышенной прочности.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав:

Таблица 1

ГОСТ или ТУ	Содержание элементов, %						
	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni
	не более						
ГОСТ 4543-46 и МЧМТУ 3290-52	0,28— 0,35	0,9— 1,2	0,8— 1,10	0,8— 1,10	0,030	0,035	0,40
ГОСТ 2672-52	то же	то же	то же	то же	то же	0,030	то же
МЧМТУ 2332-49	0,28— 0,35	—	—	—	—	0,030	—
ТУ1078-49	то же	—	—	—	—	0,035	0,30

Примечания. 1. Содержание остаточной меди не должно превышать 0,25%.

2. По ГОСТ 4543-46 может производиться поставка отборной стали:

- а) с суженными пределами по углероду, но не более чем до 0,05% между верхним и нижним содержанием его;
- б) с пониженным содержанием серы и фосфора до 0,025% каждого элемента;
- в) с пониженным содержанием меди до 0,2%.

в) Изменение механических свойств (минимальные значения) прутков в зависимости от температуры отпуска [4]. Закалка с 880° в масле

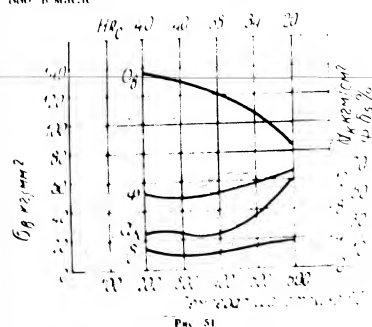


Рис. 51

5. Склонность к отпускной хрупкости (см. 30 ХГСА)
6. Физические свойства:
 - а) Теплопроводность $\lambda = 0,09 \frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [5]
 - б) Коэффициент линейного расширения $\alpha = 10^{-6}$ при 20–100° — 11,0 [5]
 - в) Удельный вес $\gamma = 7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ [5]
 - г) Критические точки: $A_1 = 750^\circ$, $A_{c1} = 835^\circ$, $A_c = 680^\circ$
 - д) Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях сталь малоустойчива.
- Требует дополнительной защиты по НО 274-54 (защитное покрытие), НО 269-54 (оксидирование), НО 270-54 (фосфатирование) и НО 544-55 (лакокрасочные покрытия).
- В атмосфере устойчива.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основном мартеновскими и электрическими печами. Деформируемость (ковка, прокат, штамповка) в горячем со-

стоянии хорошая, штампуемость в холодном состоянии нормальная.

Пластичность в отожженном состоянии хорошая, допускает сложная гибка, выколотка.

Температурный интервал горячей механической обработки 1240–800°.

Изготавливаемые полуфабрикаты: горячекатаные листы, сортовой прокат, трубы, поковки, холоднокатаные листы, калиброванные прутки.

2. Обрабатываемость резанием. Относительная обрабатываемость в холодном состоянии, при H_v не более 212, составляет 42% по отношению к стали А-12 [6].

3. Термическая обработка. Температура нормализации, закали, высокого отжига $890 \pm 10^\circ$.

Температура нормализации и закали сварных конструкций, при применении присадочной проволоки Св-18 ХМА $910 \pm 10^\circ$.

Для перекристаллизации наплавленного металла рекомендуется перед закалкой применять нормализацию.

Для смягчения стали применяется низкий отжиг при температуре $780 \pm 10^\circ$, охлаждение с печью до 650° . Охлаждение после закали производится в масле или в воде (для крупных сечений).

4. Свариваемость. Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. При газовой сварке сложных узлов и конструкций сталь склонна к образованию трещин.

При ручной электродуговой, газовой, атомно-водородной сварке, а также прихватке сложных конструкций при толщине материала 2,5 мм и более необходим местный подогрев до $250\text{--}300^\circ\text{C}$. Контактную (точечную) сварку необходимо производить на «мягких» режимах с предварительным подогревом до температуры $250\text{--}300^\circ$.

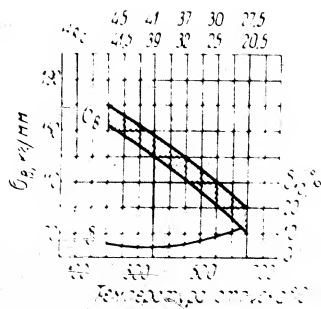
После сварки, не позднее чем через 8–10 час., сварные узлы и конструкции необходимо подвергать высокому отпуску.

Рекомендуемые материалы:

- а) при ручной дуговой сварке — электроды УОНИ-13/85, ВИ10-6 (101) по НО 518-55;
- б) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-18 ХМА по ГОСТ 2246-54, флюс АН-348 или АН-348А;
- в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-18 ХМА по ГОСТ 2246-54;
- г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-18 ХМА.

2. Конструкционные легированные стали

а) Изменение механических свойств тонких листов и тонкостенных труб (толщина стенки до 4 мм) в зависимости от температуры отпуска после закалки [4]. Закалка с 880° в масле.



Хромокремнемарганцовистая сталь

25 ХГСА

б) Изменение механических свойств (минимальные значения) толстых листов (4—10 мм), в зависимости от температуры отпуска [4]. Закалка с 890° в масле.

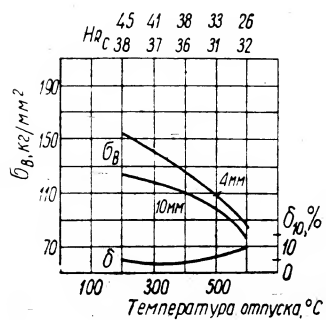


Рис. 50.

3. Конструкционные термостойкие стали

Таблица 4 (продолжение)

Термическая обработка после сварки	Тип сварочного процесса и материалы	Предел прочности, кг/см ²		Ударная вязкость, кДж/м ²	Источ.
		миним.	макс.		
После сварки отпущен (600-650°)	Автоматическая сварка с электродом ФАУС-АИ-038 (образцы без закалки)	69,8-72,3	6,78-8,07	12	
	Проволочка с вольфрамом	71,0	7,42		
	Газовая сварка	61,2-68,6	7,7-11,6	13	
	Электрошлаковая сварка	64,9	10,1		

Примечание: Ударные испытания по ГОСТ 3240-60.

3. Механические свойства сварных соединений при пониженной и повышенной температуре (3).

Таблица 5

Материалы	Температура, °С					
	180	0	100	200	300	600
Минимум	121,0	85	77,5	66,8	41,5	24,2
Максимум	112,4	28,2	87,9	71,1	28,4	28,1
Среднее	1,4	28,6	9,1	79,4	31,4	26,3
Минимум	0,47	8,3	2,1	8,3		
Максимум	1,7	1,8	6,9	7,3		
Среднее	1,1	1,1	4,5	6,8		

Примечание: Испытания на растяжение автоматической сваркой с электродом ФАУС-АИ-038 (образцы без закалки) по ГОСТ 2246-54. Испытания на ударные испытания по ГОСТ 3240-60. Испытания на ударные испытания по ГОСТ 3240-60. Испытания на ударные испытания по ГОСТ 3240-60.

Хромокремнемарганцовистая сталь

25ХГСА

Механические свойства сварных соединений при повышенной и пониженной температуре (по средним значениям табл. 5).

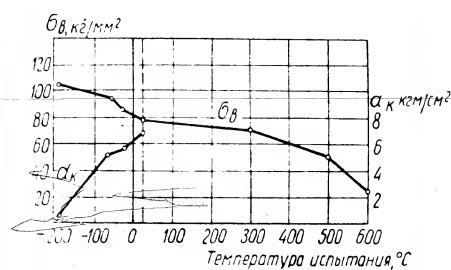


Рис. 48.

Примечание: Минимум и максимум прочности сварных швов на растяжение и сжатие при 600-650° (7).

Таблица 6

Температура, °С	180	0	100	200	300	600
Минимум	121,0	85	77,5	66,8	41,5	24,2
Максимум	112,4	28,2	87,9	71,1	28,4	28,1
Среднее	1,4	28,6	9,1	79,4	31,4	26,3
Минимум	0,47	8,3	2,1	8,3		
Максимум	1,7	1,8	6,9	7,3		
Среднее	1,1	1,1	4,5	6,8		

4. Механические свойства в зависимости от температуры

2. Конструкционные легированные стали

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	σ_t	$\delta_{0.2}$	$\delta_{0.01}$
Сортной прокат горячекатаный	Нормализованный Без термической обработки	ГОСТ 4543-48	—	—	Не менее	по ТУ на поставку
То же	То же	То же	—	—	—	—
Тонкий и толстый лист холоднокатаный и горячекатаный	Отпущенный или отпущенный	ГОСТ 2672-52	50—70	—	18	4,85—4,15
То же	Нормализованный	То же	50—75	—	То же	То же
Лист горячекатаный толщиной 0,5 мм	Отпущенный	МНТУ 4132-53	50—70	—	То же	То же
То же	То же*	То же*	105—85	—	6	—

* При механических испытаниях отпущенных листов допускается применять данные для горячекатаных листов.

Таблица выгибания по Эринксу должна быть

для листов толщиной 0,5 мм не менее 1,0 мм

для листов толщиной 0,5 мм не менее 1,0 мм

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства основного металла при повышенных и пониженных температурах (см. соответствующий раздел для стали 30ХГСА)

2. Модуль нормальной упругости (см. соответствующий раздел для стали 30ХГСА)

3. Механические свойства сварных соединений

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного металла

* Механические свойства сварных соединений при повышенных и пониженных температурах (см. соответствующий раздел для стали 30ХГСА)

Хромокремнемарганцовистая сталь

25 ХГСА

Таблица 3

Термическое состояние до и после сварки	Расчетный коэффициент для стыковых соединений с усилением	Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений	Источник
До сварки отжиг. После сварки нормализация или закалка с отпуском	0,9	0,65*	[7]
После сварки отпуск**	До сварки закалка с отпуском на прочность 120 ± 10 кг/мм ²	0,7	—
До сварки закалка с отпуском на прочность 100 ± 5 кг/мм ²	0,85	—	[1]
До сварки закалка с отпуском на прочность 75 ± 5 кг/мм ²	0,9	—	[1]

* Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

** Отпуск после сварки производится при температуре на 30—50° ниже температуры отпуска после закалки, производившейся до сварки.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре.

Таблица 4

Термическая обработка после сварки	Вид сварки и присадочный материал	Предел прочности стыкового соединения с усилением	Ударная вязкость	Источник
Нормализация, закалка с отпуском на прочность 120 ± 10 кг/мм ²	Автоматическая, ручная дуговая, атомно-водородная	миним.-макс. средн.	средн.	—
Нормализация, закалка с отпуском на прочность 100 ± 5 кг/мм ²	Автоматическая, ручная дуговая, атомно-водородная	миним.-макс. средн.	средн.	—

Конструктивные особенности стали

Рекомендуемые режимы термической обработки готовых изделий

Таблица 11

Режим термической обработки	1	2
Температура нагрева, °С	850-880	880-900
Время нагрева, мин	15-20	15-20
Охлаждение, °С/мин	100	100
Время охлаждения, мин	12-15	12-15

В зависимости от способа закалки производится в масле или в воде.

После закалки в масле или в воде должны быть признаки перетерки.

Свариваемость. Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. При сварке ручным дуговым способом, автоматической сваркой, а также при сварке в сложных условиях конструкции должны быть предусмотрены меры для предотвращения образования трещин.

Стойкость к коррозии. Конструкция должна выдерживать не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Прочность. Сталь марки 25ХГСА имеет предел текучести $\sigma_{0.2} = 450$ МПа, предел прочности $\sigma_B = 650$ МПа, относительное удлинение $\delta_5 = 15\%$.

Стойкость к удару. Сталь марки 25ХГСА имеет ударную вязкость $K_{CU} = 15$ МДж/м².

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

Стойкость к коррозии. Сталь марки 25ХГСА имеет стойкость к коррозии не менее чем 100 ч в 10% растворе серной кислоты при 20-30 °С.

ХРОМОКРЕМНЕМАРГАНЦОВИСТАЯ СТАЛЬ 25ХГСА

Основное назначение — изготовление штампованных и механически обрабатываемых деталей и сварных конструкций ответственного назначения.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав:

Таблица 1

ГОСТ или ТУ	Содержание элементов, %						
	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni
ГОСТ 4543-48	0,22-0,29	0,9-1,2	0,8-1,1	0,8	1,1	0,030	0,035
ГОСТ 2672-52	То же	То же	То же	То же	То же	0,030	То же
МПУ 4132-53	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Содержание остаточной меди не должно превышать 0,25%.

2. ГОСТ 4543-48 может применяться поставка сборной стали.

3. В установленных пределах по удельному весу не более чем до 0,05% между верхним и нижним содержанием серы.

4. В установленных пределах по удельному весу не более чем до 0,025% между верхним и нижним содержанием фосфора.

5. В установленных пределах по удельному весу не более чем до 0,02% между верхним и нижним содержанием меди.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид поставки	Состояние поставки	Источники	σ_B , МПа	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ_5 , %
Сортной прокат	Отпущенный	ГОСТ 4543-48	—	—	не менее 15
Листовая прокатка	Отпущенный	ГОСТ 4543-48	—	—	не менее 15
Листовая прокатка	Отпущенный	ГОСТ 4543-48	—	—	не менее 15

Конструктивные требования к стали

а) Механические свойства сварных соединений при повышенной и пониженной температуре (по средним значениям табл. 6).

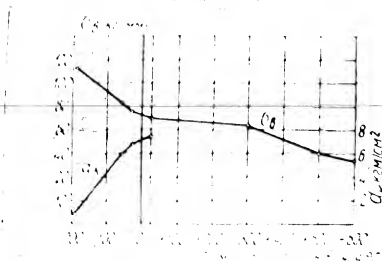


Рис. 45

б) Механические свойства в зависимости от термообработки.

А. Изменение механических свойств в зависимости от температуры отпуска (по средним значениям табл. 7).

Таблица 7

Температура отпуска, °C

а) После закалки с 850° в масле

Температура отпуска, °C	σ _в	σ _{0.2}	δ ₅	ψ	α _к
100	120	120	8	80	7
150	115	115	12	12	15
200	110	110	15	15	21
250	105	105	18	18	28
300	100	100	21	21	35
350	95	95	24	24	42
400	90	90	27	27	49
450	85	85	30	30	56
500	80	80	33	33	63
550	75	75	36	36	70
600	70	70	39	39	77
650	65	65	42	42	84
700	60	60	45	45	91
750	55	55	48	48	98
800	50	50	51	51	105
850	45	45	54	54	112
900	40	40	57	57	119

Аромарганцеванадиевая сталь

25ХГФА

б) После нормализации с 900°.

Температура отпуска, °C	σ _в	σ _{0.2}	δ ₅	ψ	α _к
100	104	101	102	100	97
150	83,7	79	82	81	78
200	13	13	14	14	16
250	45	45	46	46	48
300	51	51	51	51	55
350	57	57	57	57	61

Примечания. 1. Механические испытания и термообработка производились на габаритных образцах Ø 6 мм и ударных типа Менаже.
2. Химический состав стали, в %: С=0,27; Mn=1,2; Si=0,29; Cr=0,82; V=0,3; S=0,027; P=0,015; Ni=0,17.

Б. Изменение механических свойств в зависимости от времени выдержки при отпуске нормализованной стали [4].

Таблица 8

Температура после нормализации с 900°	640°			680°			
Время выдержки при отпуске	1 ч	2 ч	4 ч	1 ч	2 ч	3 ч	4 ч
$\sigma_{\text{в}}$	75	69	69	72	68	64	61
$\sigma_{0.2}$	60	60	59	62	58	54	49
δ_5	16	19	19	17	26	17	20

Примечание. Механические испытания и термообработка производились на плоских образцах толщиной 3,0 мм.

2. Конструкционные легированные стали

Таблица 3

Температура испытания, °C	σ_s	$\sigma_{0.2}$	σ_{10}	Температура испытания, °C	σ_s	$\sigma_{0.2}$	σ_{10}
-193	103,6		19,8	+300	63,1	44,9	18,7
0	77,1	18,4		+400	53,5	41,2	17,5
+50	74,5	54,6	17,0	+500	37,9	34,6	15,4
+20	62,9	52,0	14,4	+600	21,6	20,5	26,2
+100	57,7	49,0	16,0	+700	9,0	7,3	46,6
+200	61,7	48,0	12,7				

Примечания 1. Образцы плоские, толщиной 2 мм, $l = 10$ мм, $b = 60$ мм. Испытаны после нормализации с 900° и отпуска 650° — 3 час.

2. Состав стали: C—0,27, Mn—1,2, Si—0,29, Cr—0,82, Ni—0,17, V—0,3, S—0,025, P—0,015.

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм². Ориентировочно может быть принят по марке 30ХГСА.

4. Механические свойства сварных соединений.

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением, по отношению к минимальной прочности основного металла, для стыковых соединений с усилением 0,9; для нахлесточных 0,65.

Примечание. Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом отдельном случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре [1].

Таблица 4

Термическая обработка после сварки	Вид сварки и присадочного материала	Предел прочности стыкового соединения без усиления, миним.-макс., среднее	Ударная вязкость миним.-макс., среднее
Отпуск 600-650°	Ручная дуговая сварка электродом УОНИ-13/55	64,6—70,3 68,1	6,33—10,18 9,0
	Автоматическая сварка электродом АН-548	65,3—69,7 68,2	5,58—6,09 5,8

Примечание. 1. Ударные образцы по ГОСТ 3242-66.

Хромомагнитоцевоанадиевая сталь

25ХГФА

а) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез (после высокого отпуска) [4].

Таблица 5

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5-6	5-6	6-8	8-10	8-10	10-12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	300	700	1100	1600	2500	3500

г) Механические свойства сварных соединений при повышенной и пониженной температуре [2].

Таблица 6

Температура испытания, °C	-196	-60	-30	+20
σ_s				
миним.-макс.	111,0—114,0	77,6—88,5	74,6—76,1	68,1—71,4
среднее	113,8	81,2	75,5	70,1
$\sigma_{0.2}$				
миним.-макс.	0,73—1,23	5,0—6,8	6,3—7,8	5,7—8,8
среднее	0,97	6,0	6,9	7,4

Таблица 6 (продолжение)

Температура испытания, °C	+300	+500	+600
σ_s			
миним.-макс.	58,0—65,6	34,6—46,5	28,9—31,3
среднее	62,3	40,6	30,1
$\sigma_{0.2}$			
миним.-макс.	—	—	—
среднее	—	—	—

Примечания 1. Образцы сварены автоматической сваркой с усилением. Проволока Св-18ХМА по ГОСТ 2246-84. Ударные образцы по ГОСТ 3242-66.
2. После сварки образцы отпущены при $t = 500^\circ$.
3. Химический состав стали: C—0,25, Mn—1,18, Cr—0,85, V—0,25, S—0,023, P—0,020.

2. Конструкционные легированные стали

Точечную сварку рекомендуется производить на «мягких» режимах с предварительным подогревом до 250—350°С.

После сварки не позднее чем через 8—10 час сварные узлы и конструкции необходимо подвергать высокому отпуску.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ 13/65, УОНИ 13/85 по ПО 518 55, в зависимости от требований к конструкции.

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса проволока Св 08А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348, АН-348 А и ОСЦ-45.

в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-15 или Св-18ХМА, в зависимости от требований к конструкции.

4. Термическая обработка.

Таблица 8

Режимы термообработки		
Операция	Температура, °С	Охлаждение
Нормализация	850—870	На воздухе
Высокий отпуск	680—700	На воздухе
Отжиг	825—845	С печью
Закалка	850—880	В воде или в масле
Отпуск	Не требуемые свойства	То же

Сталь склонна к отпускной хрупкости.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Конструкционная сталь применяется для изготовления деталей с категорией прочности до КТ-5Б в сечении заготовки до 60 мм.

ИСТОЧНИКИ

- Металл. Удмурт. АСМ 1940.
 1. «Конструкционные стали». Страницы Т. I 1947.
 2. Данные НИИ 11 и 621.
 3. Директор. реф. «Металлургия» № 15 1940.
 4. «Металлургический заводской справочник» Т. III. Машин.
 1947.
 5. Данные НИИ 11 и 621.

ХРОМОМАНГАНЦЕВОВАНАДИЕВАЯ
СТАЛЬ 25ХГФА

Основное назначение — изготовление штампованных деталей и сварных конструкций ответственного назначения.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав:

Таблица 1

Источники	Содержание элементов, %							
	C	Si	Mn	Cr	V	S	P	Ni
	не более							
МПТУ 3057-52	0,23—0,30	0,17—0,30	1,0—1,3	0,6—0,9	0,08—0,20	0,03	0,035	0,30

2. Механические свойства (в состоянии поставки):

Таблица 2

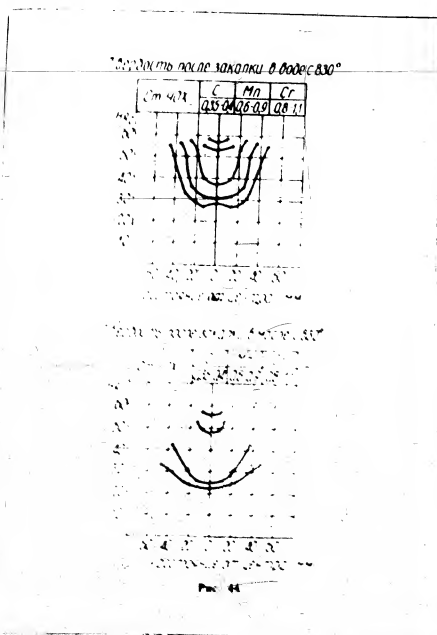
Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источники	σ_s	$\sigma_{0,2}$ не менее	δ_{100}
Лист горячекатаный толщиной 3—6 мм	Отожженный	МПТУ 3057-52	50—70	18	4,85—4,17

Рекомендуемые механические свойства в изделии см. в табл. 11.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы

1. Механические свойства основного металла при повышенных и пониженных температурах 4.

10. Прокаливаемость [2].



11. Физические свойства:

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см.сек.град}}$ [2];

Таблица 6

Температура, °C	100	200	300	400
λ	0,110	0,101	0,093	0,085

б) Коэффициент линейного расширения α [3];

Таблица 7

Интервал температур, °C	20—100	20—200	20—400	20—600
$\alpha \cdot 10^6$	13,4	13,3	14,8	14,8

в) Критические точки: $A_{c1} - 743^\circ$; $A_{c2} - 782^\circ$; $A_{r1} - 693^\circ$; $A_{r2} - 730^\circ$ [1].г) Удельный вес $\gamma = 7,817 \text{ г/см}^3$ [5].

12. Коррозионная стойкость. Сталь имеет низкое сопротивление атмосферной коррозии. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ или красками и эмальями (НО 270-54 и НО 544-55) или гальваническими покрытиями цинком и кадмием.

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных и кислых мартеновских печах. Температурный интервал горячей механической обработки 1200—800°. Послековки охлаждение для профилей более 60 мм — медленное, для меньших размеров — на воздухе.

2. Обрабатываемость резанием [5]. Относительная обрабатываемость при $H_v = 174-229$ по сравнению со сталью А-12 составляет 60%.

3. Свариваемость. Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку и прихватку сложных узлов и конструкций рекомендуется производить с предварительным подогревом до 250—350°С.

Хромистая конструкционная сталь

40 X

6. Механические свойства после термообработки в зависимости от массы

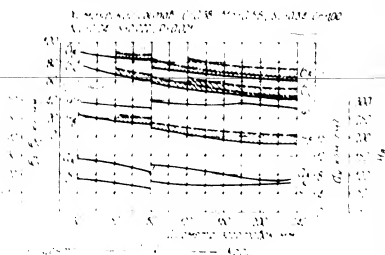


Рис. 42

Модуль нормальной упругости E , кг/мм²

Таблица 3

Температура, °C	100	200	300	500
E	21,8	21,5	20,1	17,9

8. Предел выносливости σ_{-1} , кг/мм²

Таблица 4

Время выносливости, ч	1	10	100	1000	10000	100000
σ_{-1}	85,5	86,2	84,0	80,5	77,8	75,0

Хромистая конструкционная сталь

Таблица 5

Химический состав плавов 1 и 2

№ плавки	C	Si	Mn	S	P	Cr
1	0,38	0,23	0,64	0,019	0,040	1,16
2	0,44	0,24	0,48	0,030	0,036	1,08

Примечание. Испытания на усталость производились на машине Шенка растяжением-сжатием при симметричном нагружении: число циклов $\times 10^6$.

9. Изотермическое превращение аустенита [3]

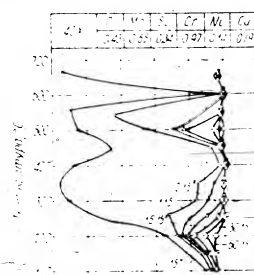


Рис. 43

2. Конструкционные легированные стали

4. Механические свойства при повышенных температурах
(в улучшенном состоянии) [6]

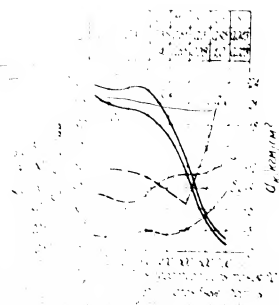


Рис. 40

Хромистая конструкционная сталь

40 X

5. Механические свойства при низких температурах
(в улучшенном состоянии) [3].

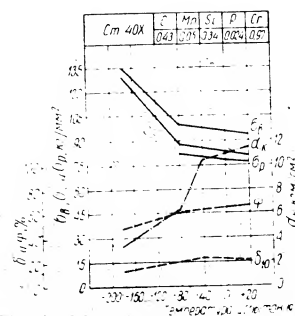


Рис. 41

2. Конструктивные испытательные стали

Примечания. 1. При испытании стали диаметром 60 мм допускается понижение удлинения на одну единицу и сужения на пять единиц против указанных норм.
2. Покрытия механических свойств горячекатаных труб устанавливаются по соглашению сторон.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [1].

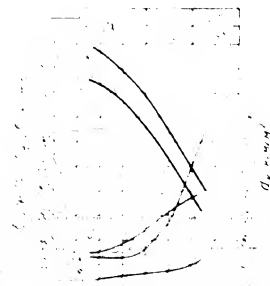


Рис. 37

Хромистая конструкционная сталь

40 X

2. Механические свойства при повышенных температурах (в нормализованном состоянии) [2].

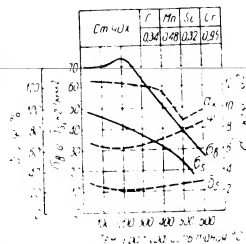


Рис. 38

3. Механические свойства при низких температурах (в улучшенном состоянии) [6].

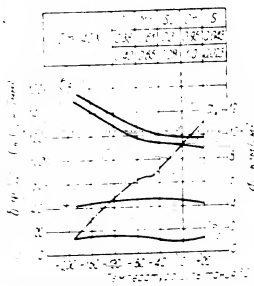


Рис. 39

2. Конструкционные легированные стали

1. Термическая обработка

Температура нормализации	890 ± 10°
Температура закалки	860 ± 10°, охлаждение в масле
Температура полного отжига	850—880°
Температура рекристаллизационного отжига	550—600°, выдержка 1,5—3 час
Максимальная температура отпуска (при нагреве выше 45° и охлаждении на воздухе происходит закалка)	650—680°

Пронаки перегрева повышаются при нагреве на 1100—1200°. Холодно- и горячекатаные листы отжигаются в печах светлого отжига при температурах ниже 45°. Нагрев для нормализации листов производится в конвейерных печах без защитной атмосферы.

Получение качественной поверхности на нормализованных листах представляет значительную трудность.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь применяется для изготовления штампов, деталей машин до 3 мм, деталей автомобилей, сельскохозяйственных машин.

Применяется сварка всех видов.

Рекомендуется назначать ГОСТ 11 на ответственные детали повышенной прочности.

Для малопрочных деталей рекомендуется применять сталь 15Г1А (10Г2).

Типичные примеры применения: детали каркаса, обшивка, смонтированные крепления.

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. ГОСТ 11-79, 11-80, 11-81, 11-82, 11-83, 11-84, 11-85, 11-86, 11-87, 11-88, 11-89, 11-90, 11-91, 11-92, 11-93, 11-94, 11-95, 11-96, 11-97, 11-98, 11-99, 1200, 1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1206, 1207, 1208, 1209, 1210, 1211, 1212, 1213, 1214, 1215, 1216, 1217, 1218, 1219, 1220, 1221, 1222, 1223, 1224, 1225, 1226, 1227, 1228, 1229, 1230, 1231, 1232, 1233, 1234, 1235, 1236, 1237, 1238, 1239, 1240, 1241, 1242, 1243, 1244, 1245, 1246, 1247, 1248, 1249, 1250, 1251, 1252, 1253, 1254, 1255, 1256, 1257, 1258, 1259, 1260, 1261, 1262, 1263, 1264, 1265, 1266, 1267, 1268, 1269, 1270, 1271, 1272, 1273, 1274, 1275, 1276, 1277, 1278, 1279, 1280, 1281, 1282, 1283, 1284, 1285, 1286, 1287, 1288, 1289, 1290, 1291, 1292, 1293, 1294, 1295, 1296, 1297, 1298, 1299, 1300, 1301, 1302, 1303, 1304, 1305, 1306, 1307, 1308, 1309, 1310, 1311, 1312, 1313, 1314, 1315, 1316, 1317, 1318, 1319, 1320, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327, 1328, 1329, 1330, 1331, 1332, 1333, 1334, 1335, 1336, 1337, 1338, 1339, 1340, 1341, 1342, 1343, 1344, 1345, 1346, 1347, 1348, 1349, 1350, 1351, 1352, 1353, 1354, 1355, 1356, 1357, 1358, 1359, 1360, 1361, 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374, 1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429, 1430, 1431, 1432, 1433, 1434, 1435, 1436, 1437, 1438, 1439, 1440, 1441, 1442, 1443, 1444, 1445, 1446, 1447, 1448, 1449, 1450, 1451, 1452, 1453, 1454, 1455, 1456, 1457, 1458, 1459, 1460, 1461, 1462, 1463, 1464, 1465, 1466, 1467, 1468, 1469, 1470, 1471, 1472, 1473, 1474, 1475, 1476, 1477, 1478, 1479, 1480, 1481, 1482, 1483, 1484, 1485, 1486, 1487, 1488, 1489, 1490, 1491, 1492, 1493, 1494, 1495, 1496, 1497, 1498, 1499, 1500, 1501, 1502, 1503, 1504, 1505, 1506, 1507, 1508, 1509, 1510, 1511, 1512, 1513, 1514, 1515, 1516, 1517, 1518, 1519, 1520, 1521, 1522, 1523, 1524, 1525, 1526, 1527, 1528, 1529, 1530, 1531, 1532, 1533, 1534, 1535, 1536, 1537, 1538, 1539, 1540, 1541, 1542, 1543, 1544, 1545, 1546, 1547, 1548, 1549, 1550, 1551, 1552, 1553, 1554, 1555, 1556, 1557, 1558, 1559, 1560, 1561, 1562, 1563, 1564, 1565, 1566, 1567, 1568, 1569, 1570, 1571, 1572, 1573, 1574, 1575, 1576, 1577, 1578, 1579, 1580, 1581, 1582, 1583, 1584, 1585, 1586, 1587, 1588, 1589, 1590, 1591, 1592, 1593, 1594, 1595, 1596, 1597, 1598, 1599, 1600, 1601, 1602, 1603, 1604, 1605, 1606, 1607, 1608, 1609, 1610, 1611, 1612, 1613, 1614, 1615, 1616, 1617, 1618, 1619, 1620, 1621, 1622, 1623, 1624, 1625, 1626, 1627, 1628, 1629, 1630, 1631, 1632, 1633, 1634, 1635, 1636, 1637, 1638, 1639, 1640, 1641, 1642, 1643, 1644, 1645, 1646, 1647, 1648, 1649, 1650, 1651, 1652, 1653, 1654, 1655, 1656, 1657, 1658, 1659, 1660, 1661, 1662, 1663, 1664, 1665, 1666, 1667, 1668, 1669, 1670, 1671, 1672, 1673, 1674, 1675, 1676, 1677, 1678, 1679, 1680, 1681, 1682, 1683, 1684, 1685, 1686, 1687, 1688, 1689, 1690, 1691, 1692, 1693, 1694, 1695, 1696, 1697, 1698, 1699, 1700, 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706, 1707, 1708, 1709, 1710, 1711, 1712, 1713, 1714, 1715, 1716, 1717, 1718, 1719, 1720, 1721, 1722, 1723, 1724, 1725, 1726, 1727, 1728, 1729, 1730, 1731, 1732, 1733, 1734, 1735, 1736, 1737, 1738, 1739, 1740, 1741, 1742, 1743, 1744, 1745, 1746, 1747, 1748, 1749, 1750, 1751, 1752, 1753, 1754, 1755, 1756, 1757, 1758, 1759, 1760, 1761, 1762, 1763, 1764, 1765, 1766, 1767, 1768, 1769, 1770, 1771, 1772, 1773, 1774, 1775, 1776, 1777, 1778, 1779, 1780, 1781, 1782, 1783, 1784, 1785, 1786, 1787, 1788, 1789, 1790, 1791, 1792, 1793, 1794, 1795, 1796, 1797, 1798, 1799, 1800, 1801, 1802, 1803, 1804, 1805, 1806, 1807, 1808, 1809, 1810, 1811, 1812, 1813, 1814, 1815, 1816, 1817, 1818, 1819, 1820, 1821, 1822, 1823, 1824, 1825, 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832, 1833, 1834, 1835, 1836, 1837, 1838, 1839, 1840, 1841, 1842, 1843, 1844, 1845, 1846, 1847, 1848, 1849, 1850, 1851, 1852, 1853, 1854, 1855, 1856, 1857, 1858, 1859, 1860, 1861, 1862, 1863, 1864, 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1870, 1871, 1872, 1873, 1874, 1875, 1876, 1877, 1878, 1879, 1880, 1881, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 1887, 1888, 1889, 1890, 1891, 1892, 1893, 1894, 1895, 1896, 1897, 1898, 1899, 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908, 1909, 1910, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923, 1924, 1925, 1926, 1927, 1928, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1940, 1941, 1942, 1943, 1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 2681, 2682, 2683, 2684, 2685, 2686, 2687, 2688, 2689, 2690, 2691, 2692, 2693, 2694, 2695, 2696, 2697, 2698, 2699, 2700, 2701, 2702, 2703, 2704, 2705, 2706, 2707, 2708, 2709, 2710, 2711, 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718, 2719, 2720, 2721, 2722, 2723, 2724, 2725, 2726, 2727, 2728, 2729, 2730, 2731, 2732, 2733, 2734, 2735, 2736, 2737, 2738, 2739, 2740, 2741, 2742, 2743, 2744, 2745, 2746, 2747, 2748, 2749, 2750, 2751, 2752, 2753, 2754, 2755, 2756, 2757, 2758, 2759, 2760, 2761, 2762, 2763, 2764, 2765, 2766, 2767, 2768, 2769, 2770, 2771, 2772, 2773, 2774, 2775, 2776, 2777, 2778, 2779, 2780, 2781, 2782, 2783, 2784, 2785, 2786, 2787, 2788, 2789, 2790, 2791, 2792, 2793, 2794, 2795, 2796, 2797, 2798, 2799, 2800, 2801, 2802, 2803, 2804, 2805, 2806, 2807, 2808, 2809, 2810, 2811, 2812, 2813, 2814, 2815, 2816, 2817, 2818, 2819, 2820, 2821, 2822, 2823, 2824, 2825, 2826, 2827, 2828, 2829, 2830, 2831, 2832, 2833, 2834, 2835, 2836, 2837, 2838, 2839, 2840, 2841, 2842, 2843, 2844, 2845, 2846, 2847, 2848, 2849, 2850, 2851, 2852, 2853, 2854, 2855, 2856, 2857, 2858, 2859, 2860, 2861, 2862, 2863, 2864, 2865, 2866, 2867, 2868, 2869, 2870, 2871, 2872, 2873, 2874, 2875, 2876, 2877, 2878, 2879, 2880, 2881, 2882, 2883, 2884, 2885, 2886, 2887, 2888, 2889, 2890, 2891, 2892, 2893, 2894, 2895, 2896, 2897, 2898, 2899, 2900, 2901, 2902, 2903, 2904, 2905, 2906, 2907, 2908, 2909, 2910, 2911, 2912, 2913, 2914, 2915, 2916, 2917, 2918, 2919, 2920, 2921, 2922, 2923, 2924, 2925, 2926, 2927, 2928, 2929, 2930, 2931, 2932, 2933, 2934, 2935, 2936, 2937, 2938, 2939, 2940, 2941, 2942, 2943, 2944, 2945, 2946, 2947, 2948, 2949, 2950, 2951, 2952, 2953, 2954, 2955, 2956, 2957, 2958, 2959, 2960, 2961, 2962, 2963, 2964, 2965, 2966, 2967, 2968, 2969, 2970, 2971, 2972, 2973, 2974, 2975, 2976, 2977, 2978, 2979, 2980, 2981, 2982, 2983, 2984, 2985, 2986, 2987, 2988, 2989, 2990, 2991, 2992, 2993, 2994, 2995, 2996, 2997, 2998, 2999, 3000, 3001, 3002, 3003, 3004, 3005, 3006, 3007, 3008, 3009, 3010, 3011, 3012, 3013, 3014, 3015, 3016, 3017, 3018, 3019, 3020, 3021, 3022, 3023, 3024, 3025, 3026, 3027, 3028, 3029, 3030, 3031, 3032, 3033, 3034, 3035, 3036, 3037, 3038, 3039, 3040, 3041, 3042, 3043, 3044, 3045, 3046, 3047, 3048, 3049, 3050, 3051, 3052, 3053, 3054, 3055, 3056, 3057, 3058, 3059, 3060, 3061, 3062, 3063, 3064, 3065, 3066, 3067, 3068, 3069, 3070, 3071, 3072, 3073, 3074, 3075, 3076, 3077, 3078, 3079, 3080, 3081, 3082, 3083,

2. Конструкционные легированные стали

6. Изотермический распад аустенита [5]

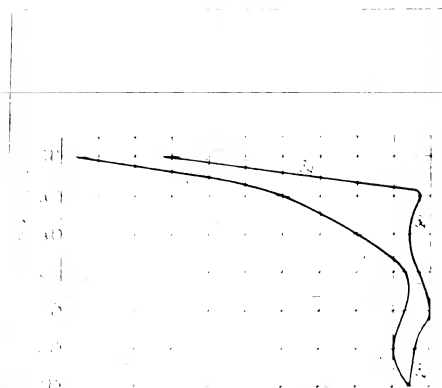


Рис. 35

Сталь марганцовистая малоуглеродистая

12Г2А

7. Прокаливаемость.

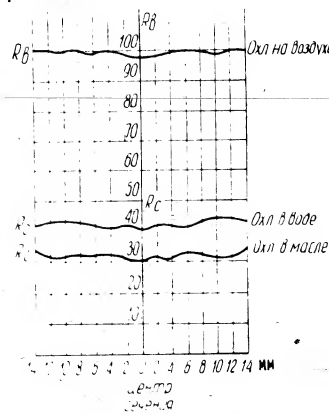


Рис. 36

8. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь практически не подвержена отпускной хрупкости.

9. Нагартовка при холодной деформации [2].

Объемные %	Таблица 11	
	Металлические свойства	
	σ_s	$\sigma_{0.2}$
Исходное состояние (горячекатаное)	70.2	28.1
" " " " " "	60.4	15.5

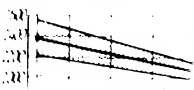
Конструктивные испытания стали

Таблица 9

Температура испытания, °C	+20	+400	+650
Прочность точек на разрыв, кг	525-730	520-750	300-360
Прочность точек на срез, кг	631	616	318
Прочность сварных швов при повышенных температурах (по средним и крайним значениям), кг	2240-2560	2030	710-875
	2150		790

Прочность сварных швов при повышенных температурах (по средним и крайним значениям), кг

Таблица 9а



Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Влияние температуры на свойства стали

Сталь жаропрочная малоуглеродистая

1212A

Таблица 10 (продолжение)

Температура отпуска, °C	200	300	400	500	550	600	650
σ_b	17,5	17,0	16,5	22,5	22,0	26,0	—
σ_s	7,4	9,1	8,9	19,4	21,3	23,9	25,6
δ_5	56,0	63,5	63,0	67,0	67,5	77,0	—

Примечания 1. Химический состав стали, %: разрывные образцы C = 0,14; Mn = 2,23; Si = 0,21; S = 0,029; P = 0,026; ударные образцы C = 0,17; Mn = 2,31; Si = 0,32; S = 0,013; P = 0,021; Ni = 0,18; Cr = 0,07.

2. Испытание на разрыв производилось на гадаринских образцах, ударные испытания — на образцах Менаже.

6) Изменение механических свойств в зависимости от температуры отпуска после закалки с 800° [1]. Разрывные образцы — гадаринские, ударные — Менаже. Состав стали в %: C = 0,13; Mn = 2,37; Si = 0,40; S = 0,014; P = 0,026.

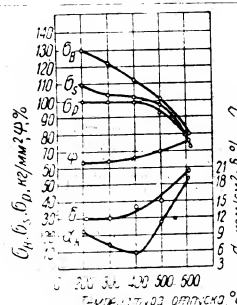


Рис 34

2. Конструктивные легированные стали

Температура, °С	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500
$\sigma_{0.2}$	90,7	82,6	75,3	69,2	64,2	59,7	55,4	51,5	48,6	45,9	43,5	41,5	39,5	37,9	36,0
$\sigma_{0.1}$	81,3	74,9	68,6	63,6	59,3	55,0	50,8	47,0	43,2	40,0	37,0	34,5	32,5	31,0	29,5
$\sigma_{0.01}$	72,3	67,5	62,7	58,0	53,3	49,0	45,0	41,5	38,0	35,0	32,0	29,5	27,5	26,0	24,5

Примечания: 1. Размеры образцов размером $10 \times 10 \times 15$ мм. 2. Испытания из листа толщиной 8 мм. 3. Испытания на растяжение. 4. Химический состав стали: C — 0,14; Mn — 2,0; Si — 0,02; P — 0,005; S — 0,005. 5. Ударная вязкость определена на образцах Марк: (свободного химического состава).

Сталь марганцевистая малоуглеродистая 12Г2А

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [5].

Температура, °С	-193	-100	-50	+20	+200	+300	+350	+400	+450	+500
$E \cdot 10^{-3}$	22,7	21,4	21,4	20,85	19,9	18,7	18,2	18,1	17,6	16,7

Модуль определен на стали состава: C — 0,14; Mn — 2,4; Si — 0,42; Ni — 0,14; Cr — 0,10; P — 0,032; S — 0,020; σ_s исходный — 52,0 кг/мм².

4. Механические свойства сварных соединений:

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала: для стыковых соединений — 0,9; для нахлесточных — 0,65.

Примечание. Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре [5].

Таблица 6

Термическое состояние	σ_s	миним. — макс. среднее	$\sigma_{0.2}$	миним. макс. среднее	Марка электрода
До сварки отжиг. После сварки без термической обработки	56	22—54	9	9,7—9,9	УОНИ-1345
До сварки нормализация. После сварки без термической обработки	91	2—61	2	10,1—11,4	УОНИ-1345
То же	91	2—61	2	10,1—11,4	УОНИ-1345
До сварки нормализация. После сварки без термической обработки	82	1—83	7	8,3—8,9	УОНИ-1345

Примечание. Химический состав стали: C — 0,14; Mn — 2,4; Si — 0,02; P — 0,005; S — 0,005.

2. Конструкционные легированные стали

4. Термическая обработка (см. термообработку стали 12Г2А)

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для средненагруженных деталей (холодной и горячей штамповки) и сварных узлов, не подвергающихся термической обработке после сварки (детали обшивки).

ИСТОЧНИКИ

Н. Д. О. Сталин и Е. В. Штейнман. Металлы и сплавы в химическом машиностроении, 1951.
2. Давыдов Н. И. 11.4. 1981.
3. Машиностроение. Энциклопедический справочник. Т. III. Машиностроение, 1981.

СТАЛЬ МАРГАНЦОВИСТАЯ
МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ 12Г2А

Основное назначение — малолегированная сталь повышенной прочности для изготовления деталей холодной и горячей штамповки и сварных конструкций, не требующая обязательной термообработки после сварки.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав.

Таблица 1

Источник	Содержание элементов, %						
	C	Mn	Si	S	P	S-P	Cr Ni
	не более						
ЧПУ	0,11-0,18	2,0-2,4	0,17-0,37	0,030	0,030	—	0,30; 0,40
4144-53	0,11-0,18	2,0-2,4	0,17-0,37	0,030	0,030	—	0,30; 0,40
ЧПУ	0,11-0,18	2,0-2,4	0,17-0,37	0,030	0,030	—	0,30; 0,40
4145-53	0,11-0,18	2,0-2,4	0,17-0,37	0,040	0,040	—	0,30; 0,40
ТУ МОП	0,11-0,18	2,0-2,4	0,17-0,37	0,030	0,030	—	0,30; 0,40
19-54	0,12-0,20	2,0-2,4	0,17-0,37	0,040	0,040	0,07	— 0,30
ТУ 961	0,12-0,20	2,0-2,4	0,17-0,37	0,040	0,040	—	0,30
ТУ 762	0,12-0,20	2,0-2,4	0,17-0,37	0,040	0,040	—	0,30
ЧМТУ	0,12-0,21	2,0-2,4	0,17-0,37	0,040	0,040	—	0,30; 0,40
4721-54	0,12-0,21	2,0-2,4	0,17-0,37	0,040	0,040	—	0,30; 0,40

6. Нагартовка при холодной деформации. Изменение механических свойств листа 15Г1А-II в зависимости от степени обжатия [2]. Образцы продольные, лист толщиной 1 мм. Содержание С — 0,011%, Mn — 1,37%.

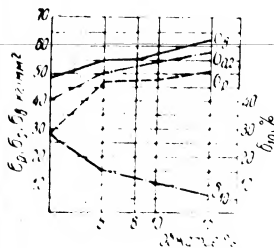


Рис. 30

Изотермический распад аустенита [2]

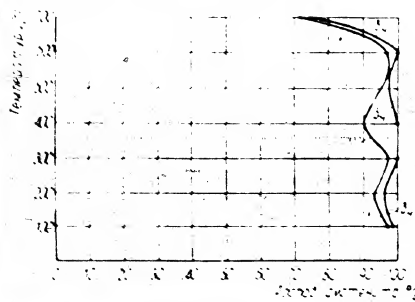


Рис. 31

8. Физические свойства:

а) Теплопроводность λ при 20° ориентировочно может быть принята по марке 08 кп.

б) Удельный вес $\gamma = 7.801 \text{ г/см}^3$ [1].

в) Критические точки: $A_{c1} = 720^\circ$; $A_{r1} = 620^\circ$; $A_{c2} = 830^\circ$; $A_{r2} = 710^\circ$ [1].

9. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях сталь малоустойчива, требует дополнительной защиты неорганическими и органическими покрытиями по НО 273-54 (цинкование), НО 274-54 (кадмирование), НО 269-54 (оксидирование), НО 270-54 (фосфатирование) и НО 544-55 (лакокрасочные покрытия).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в кислородных или мартеновских печах. Удовлетворительно работает в холодном состоянии (с промежуточными отжигами) на лист и шпунт. Температурный интервал горячей механической обработки 1200—750°.

Сталь хорошо штампуется в горячем и холодном состоянии. Для деталей с глубокой вытяжкой рекомендуется применять промежуточный отжиг при температуре 600°.

Для расклевки стали необходим дефицитный малоуглеродистый ферромарганец. Производительность станов холодной прокатки повышается из-за быстрой нагартовки стали.

2. Обрабатываемость резанием. Относительная обрабатываемость для стали 15Г (при $H_b = 131-176$) ниже 50% [3].

3. Свариваемость. Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки.

Рекомендуемые материалы

а) при ручной дуговой сварке — электроды УОНИ-13-45 по НО 518-55;

б) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-5А по ГОСТ 2246-54, флюс АН-48 или АН-318А;

в) при дуговой и автоматической сварке — проволока Св-5А по ГОСТ 2246-54;

г) при газовой сварке — проволока Св-10ГС или Св-10Г по ГОСТ 2246-54;

д) при сварке металлов в вакууме — проволока по ТУ МХП 4058-54 или флюс по ТУ МХП 4059-54, который рекомендуется применять при сварке металлов в вакууме — Св-10ГС по ТУ МХП 4058-54.

е) при сварке металлов в вакууме — Св-10ГС по ТУ МХП 4058-54.

2. Конструкционные легированные стали

б) при содержании углерода 0,18%, марганца 1,38%.

Таблица 6

Температура отпуска, °C	200	300	400	500	550	600	650
σ_s	61,3	63,06	63,13	60,1	60,56	56,6	53,3
$\sigma_{0,2}$	39,1	41,23	41,66	40,96	42,66	39,2	38,03
δ_{10}	18,2	16,7	14,6	19,8	19,0	20,9	25,2

Примечание. Испытания проводились на плоских образцах, вырезанных из листа толщиной 25 мм вдоль волокон.

4. Механические свойства сварных соединений без термообработки после сварки

а) расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением 0,9; для нахлесточных — 0,65

Примечание. Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом отдельном случае устанавливается на основании предельных испытаний сварных соединений.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальной температуре 2.

Таблица 7

Предел прочности	миним.-макс. средн.	Ударная вязкость
сталь с усилением	известна	миним.-макс. средн.
σ_s 2-20,8	30,3-54,7	9,52-11,7
$\sigma_{0,2}$	11,1	10,74

Примечание. Образцы сварены электродами УОНИ-13/45, с усилением 0,9.

Сталь марганцовистая малоуглеродистая 15Г1А (10Г2)

в) Предел прочности (σ_s) сварных соединений при пониженной и повышенной температуре [2].

Таблица 8

Температура испытания, °C	-193	-100	-50	+20	+100	+200	+300	+400	+500	+600	+700
миним.	74,0	62,0	57,0	49,2	45,4	43,0	44,4	43,6	29,9	18,4	8,9
макс.	79,9	62,8	58,4	50,8	46,4	45,2	45,7	46,4	32,8	20,0	9,7
средн.	74,4	62,5	57,6	50,0	45,8	44,0	45,2	44,6	30,9	19,0	9,2

Примечание. Образцы сварены электродами УОНИ-13/45, с усилением. Изменение σ_s сварных соединений в зависимости от температуры (по средним значениям табл. 8).

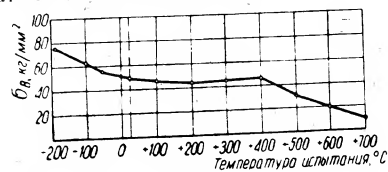


Рис. 29.

г) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [2].

Таблица 9

Толщина более тонкой детали, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	5-6	5-6	6-8	8-10	10-12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	250	600	900	1300	3000

5. Склонность к отпускной хрупкости. Сталь практически не подвержена отпускной хрупкости.

2. Конструкционные легированные стали

Таблица 2 (продолжение)

Имя полуфабриката	Состояние поставки	Источник	δ ₅ δ ₁₀ δ ₁₀₀		
			не менее		
Лента холоднокатаная толщиной до 1,3 мм	Отожженная 15Г1А-0	ТУ МОП 19-54	30	40	21
	Нормализованная с отпуском 15Г1А-Н	То же	30	45-67	21

Примечание 1. Угол загиба поперечного образца (ось образца перпендикулярна направлению проката) на оправке, равной толщине листа, должен быть не менее 90°.

2. Глубина вытравливания по Эриксону должна быть для листов толщиной 0,8 мм не менее 7 мм для листов толщиной 1 мм — не менее 8,2 мм.

3. По ТУ МОП 19-54 нормы по пределу текучести и результаты испытаний по Эриксону факультативны.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

не входящие в ту и тосты

1. Механические свойства основного металла при повышенных и пониженных температурах [2].

Таблица 3

Температура испытания, °С	-193	-100	-74	-50	+20	+100	+150	+200
σ _{0,2}	51,5	—	54,3	52,2	46,7	42,8	41,9	41,7
σ _{0,1}	72,0	—	38,5	31,3	28,4	23,7	23,4	22,0
δ ₅	27,1	—	31,3	32,2	31,0	27,0	—	25,9

Таблица 3 (продолжение)

Температура испытания, °С	30	-30	-60	-80	-100	-120	-150
σ _{0,2}	44,9	43,8	40,0	38,9	29,7	15,6	7,1
σ _{0,1}	25,3	24,1	23,2	20,3	18,3	12,4	5,0
δ ₅	—	25,8	27,5	30,3	—	36,3	64,0

Сталь марганцовистая малоуглеродистая 15Г1А (10Г2)

Примечание. Разрывные образцы размером $a = 15$ мм, $l = 55$ мм вырезались из листа толщиной 3,0 мм в продольном направлении. Химический состав стали, %: C = 0,10; Mn = 1,37; Si = 0,27; S = 0,028; P = 0,032.

2. Модуль нормальной упругости E , $\frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$

Таблица 4

Температура, °С	-193	-100	-74	+20	+200	+300	+350	+400	+450	+500
$E \cdot 10^{-3}$	21,67	20,81	20,41	19,67	18,9	17,8	17,8	17,6	16,9	15,8

Примечание. Химический состав стали, %: C = 0,15; Mn = 1,2; Si = 0,28; S = 0,020; P = 0,024; Cr = 0,03; Ni = 0,08. Сталь отожженная.

3. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска после нормализации [2].

а) при содержании углерода 0,14%, марганца 1,26%.

Таблица 5

Температура отпуска, °С	200	300	400	500	550	600	650
σ _{0,2}	47,3	47,07	49,7	48,23	48,47	46,8	44,47
σ _{0,1}	31,6	31,8	32,9	33,0	32,6	32,1	30,66
δ ₅	24,5	26,7	23,5	22,26	27,13	28,43	29,53

Примечание. Испытания производились на плоских образцах вырезанных из листа толщиной 2,5 мм вдоль валов.

СТАЛЬ МАРГАНЦОВИСТАЯ МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ 15Г1А (10Г2) *

Основное назначение: сталь повышенной прочности для изготовления деталей холодной и горячей штамповки и сварных конструкций, не требующая термообработки после сварки.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

1. Химический состав.

Таблица 1

Источ- ник	Содержание элементов, %						
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
	не более						
МПУ 4144-53	0,11—0,20	1,1—1,4	0,17—0,37	0,030	0,035	0,3	0,4
ТУ МОП 19-54	0,11—0,20	1,1—1,4	0,17—0,37	0,030	0,035	0,3	0,4

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	σ_b	δ_{10}
			не менее		
Толстый лист холодно-катаный толщиной 0,8—3 мм	Отожженный	МПУ 4144-53	30	40	22
	Нормализованный с отпуском 15Г1А-Н	То же	30	45	21

* Старое название марки стали — 10Г2 (ТУ 1008-46). Название изменено на основании соглашения с маркой 10Г2 по ГОСТ 1050-52, имеющей другой состав.

9. 1. Конструкционные легированные стали

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Применяется для изготовления винтов всех видов, болтов, шпилек, гаек, малоответственных цементуемых и инвентуемых деталей.

ИСТОЧНИКИ

1. Конструкционные стали. Справочник. Т. 1. 1947.
2. В. П. Давыдов. Физические свойства черных металлов. Металлургиздат. 1947.
3. Техническая энциклопедия. Справочник физических величин. Т. II. 1929.
4. Металл. Хандбук. Д. М. 1938 и 1939.
5. Н. А. Сажин. Прочность металлов. 1937.
6. А. Д. Ахмедов. Термическая обработка деталей автомобилей. 1948.

2. КОНСТРУКЦИОННЫЕ ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

I. Конструкционные углеродистые стали

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Модуль нормальной упругости E при 20°C — $20\,000 \text{ кг/мм}^2$ [5].

2. Физические свойства.

а) Теплоемкость C , $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ [2]

Таблица 3

Интервал температур, $^\circ\text{C}$	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,112	0,115	0,128	0,136

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [2]

Таблица 4

Температура, $^\circ\text{C}$	100	200	400	500
λ	0,186	0,159	0,114	0,100

в) Коэффициент линейного расширения α [3]

Таблица 5

Интервал температур, $^\circ\text{C}$	20-100	20-200	20-400	20-600
α , 10^{-6}	11,1	12,1	13,4	14,4

г) Коэффициент температурного расширения β , 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} , 10^0 , 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 , 10^7 , 10^8 , 10^9 , 10^{10} , 10^{11} , 10^{12} , 10^{13} , 10^{14} , 10^{15} , 10^{16} , 10^{17} , 10^{18} , 10^{19} , 10^{20} , 10^{21} , 10^{22} , 10^{23} , 10^{24} , 10^{25} , 10^{26} , 10^{27} , 10^{28} , 10^{29} , 10^{30} , 10^{31} , 10^{32} , 10^{33} , 10^{34} , 10^{35} , 10^{36} , 10^{37} , 10^{38} , 10^{39} , 10^{40} , 10^{41} , 10^{42} , 10^{43} , 10^{44} , 10^{45} , 10^{46} , 10^{47} , 10^{48} , 10^{49} , 10^{50} , 10^{51} , 10^{52} , 10^{53} , 10^{54} , 10^{55} , 10^{56} , 10^{57} , 10^{58} , 10^{59} , 10^{60} , 10^{61} , 10^{62} , 10^{63} , 10^{64} , 10^{65} , 10^{66} , 10^{67} , 10^{68} , 10^{69} , 10^{70} , 10^{71} , 10^{72} , 10^{73} , 10^{74} , 10^{75} , 10^{76} , 10^{77} , 10^{78} , 10^{79} , 10^{80} , 10^{81} , 10^{82} , 10^{83} , 10^{84} , 10^{85} , 10^{86} , 10^{87} , 10^{88} , 10^{89} , 10^{90} , 10^{91} , 10^{92} , 10^{93} , 10^{94} , 10^{95} , 10^{96} , 10^{97} , 10^{98} , 10^{99} , 10^{100} , 10^{101} , 10^{102} , 10^{103} , 10^{104} , 10^{105} , 10^{106} , 10^{107} , 10^{108} , 10^{109} , 10^{110} , 10^{111} , 10^{112} , 10^{113} , 10^{114} , 10^{115} , 10^{116} , 10^{117} , 10^{118} , 10^{119} , 10^{120} , 10^{121} , 10^{122} , 10^{123} , 10^{124} , 10^{125} , 10^{126} , 10^{127} , 10^{128} , 10^{129} , 10^{130} , 10^{131} , 10^{132} , 10^{133} , 10^{134} , 10^{135} , 10^{136} , 10^{137} , 10^{138} , 10^{139} , 10^{140} , 10^{141} , 10^{142} , 10^{143} , 10^{144} , 10^{145} , 10^{146} , 10^{147} , 10^{148} , 10^{149} , 10^{150} , 10^{151} , 10^{152} , 10^{153} , 10^{154} , 10^{155} , 10^{156} , 10^{157} , 10^{158} , 10^{159} , 10^{160} , 10^{161} , 10^{162} , 10^{163} , 10^{164} , 10^{165} , 10^{166} , 10^{167} , 10^{168} , 10^{169} , 10^{170} , 10^{171} , 10^{172} , 10^{173} , 10^{174} , 10^{175} , 10^{176} , 10^{177} , 10^{178} , 10^{179} , 10^{180} , 10^{181} , 10^{182} , 10^{183} , 10^{184} , 10^{185} , 10^{186} , 10^{187} , 10^{188} , 10^{189} , 10^{190} , 10^{191} , 10^{192} , 10^{193} , 10^{194} , 10^{195} , 10^{196} , 10^{197} , 10^{198} , 10^{199} , 10^{200} , 10^{201} , 10^{202} , 10^{203} , 10^{204} , 10^{205} , 10^{206} , 10^{207} , 10^{208} , 10^{209} , 10^{210} , 10^{211} , 10^{212} , 10^{213} , 10^{214} , 10^{215} , 10^{216} , 10^{217} , 10^{218} , 10^{219} , 10^{220} , 10^{221} , 10^{222} , 10^{223} , 10^{224} , 10^{225} , 10^{226} , 10^{227} , 10^{228} , 10^{229} , 10^{230} , 10^{231} , 10^{232} , 10^{233} , 10^{234} , 10^{235} , 10^{236} , 10^{237} , 10^{238} , 10^{239} , 10^{240} , 10^{241} , 10^{242} , 10^{243} , 10^{244} , 10^{245} , 10^{246} , 10^{247} , 10^{248} , 10^{249} , 10^{250} , 10^{251} , 10^{252} , 10^{253} , 10^{254} , 10^{255} , 10^{256} , 10^{257} , 10^{258} , 10^{259} , 10^{260} , 10^{261} , 10^{262} , 10^{263} , 10^{264} , 10^{265} , 10^{266} , 10^{267} , 10^{268} , 10^{269} , 10^{270} , 10^{271} , 10^{272} , 10^{273} , 10^{274} , 10^{275} , 10^{276} , 10^{277} , 10^{278} , 10^{279} , 10^{280} , 10^{281} , 10^{282} , 10^{283} , 10^{284} , 10^{285} , 10^{286} , 10^{287} , 10^{288} , 10^{289} , 10^{290} , 10^{291} , 10^{292} , 10^{293} , 10^{294} , 10^{295} , 10^{296} , 10^{297} , 10^{298} , 10^{299} , 10^{300} , 10^{301} , 10^{302} , 10^{303} , 10^{304} , 10^{305} , 10^{306} , 10^{307} , 10^{308} , 10^{309} , 10^{310} , 10^{311} , 10^{312} , 10^{313} , 10^{314} , 10^{315} , 10^{316} , 10^{317} , 10^{318} , 10^{319} , 10^{320} , 10^{321} , 10^{322} , 10^{323} , 10^{324} , 10^{325} , 10^{326} , 10^{327} , 10^{328} , 10^{329} , 10^{330} , 10^{331} , 10^{332} , 10^{333} , 10^{334} , 10^{335} , 10^{336} , 10^{337} , 10^{338} , 10^{339} , 10^{340} , 10^{341} , 10^{342} , 10^{343} , 10^{344} , 10^{345} , 10^{346} , 10^{347} , 10^{348} , 10^{349} , 10^{350} , 10^{351} , 10^{352} , 10^{353} , 10^{354} , 10^{355} , 10^{356} , 10^{357} , 10^{358} , 10^{359} , 10^{360} , 10^{361} , 10^{362} , 10^{363} , 10^{364} , 10^{365} , 10^{366} , 10^{367} , 10^{368} , 10^{369} , 10^{370} , 10^{371} , 10^{372} , 10^{373} , 10^{374} , 10^{375} , 10^{376} , 10^{377} , 10^{378} , 10^{379} , 10^{380} , 10^{381} , 10^{382} , 10^{383} , 10^{384} , 10^{385} , 10^{386} , 10^{387} , 10^{388} , 10^{389} , 10^{390} , 10^{391} , 10^{392} , 10^{393} , 10^{394} , 10^{395} , 10^{396} , 10^{397} , 10^{398} , 10^{399} , 10^{400} , 10^{401} , 10^{402} , 10^{403} , 10^{404} , 10^{405} , 10^{406} , 10^{407} , 10^{408} , 10^{409} , 10^{410} , 10^{411} , 10^{412} , 10^{413} , 10^{414} , 10^{415} , 10^{416} , 10^{417} , 10^{418} , 10^{419} , 10^{420} , 10^{421} , 10^{422} , 10^{423} , 10^{424} , 10^{425} , 10^{426} , 10^{427} , 10^{428} , 10^{429} , 10^{430} , 10^{431} , 10^{432} , 10^{433} , 10^{434} , 10^{435} , 10^{436} , 10^{437} , 10^{438} , 10^{439} , 10^{440} , 10^{441} , 10^{442} , 10^{443} , 10^{444} , 10^{445} , 10^{446} , 10^{447} , 10^{448} , 10^{449} , 10^{450} , 10^{451} , 10^{452} , 10^{453} , 10^{454} , 10^{455} , 10^{456} , 10^{457} , 10^{458} , 10^{459} , 10^{460} , 10^{461} , 10^{462} , 10^{463} , 10^{464} , 10^{465} , 10^{466} , 10^{467} , 10^{468} , 10^{469} , 10^{470} , 10^{471} , 10^{472} , 10^{473} , 10^{474} , 10^{475} , 10^{476} , 10^{477} , 10^{478} , 10^{479} , 10^{480} , 10^{481} , 10^{482} , 10^{483} , 10^{484} , 10^{485} , 10^{486} , 10^{487} , 10^{488} , 10^{489} , 10^{490} , 10^{491} , 10^{492} , 10^{493} , 10^{494} , 10^{495} , 10^{496} , 10^{497} , 10^{498} , 10^{499} , 10^{500} , 10^{501} , 10^{502} , 10^{503} , 10^{504} , 10^{505} , 10^{506} , 10^{507} , 10^{508} , 10^{509} , 10^{510} , 10^{511} , 10^{512} , 10^{513} , 10^{514} , 10^{515} , 10^{516} , 10^{517} , 10^{518} , 10^{519} , 10^{520} , 10^{521} , 10^{522} , 10^{523} , 10^{524} , 10^{525} , 10^{526} , 10^{527} , 10^{528} , 10^{529} , 10^{530} , 10^{531} , 10^{532} , 10^{533} , 10^{534} , 10^{535} , 10^{536} , 10^{537} , 10^{538} , 10^{539} , 10^{540} , 10^{541} , 10^{542} , 10^{543} , 10^{544} , 10^{545} , 10^{546} , 10^{547} , 10^{548} , 10^{549} , 10^{550} , 10^{551} , 10^{552} , 10^{553} , 10^{554} , 10^{555} , 10^{556} , 10^{557} , 10^{558} , 10^{559} , 10^{560} , 10^{561} , 10^{562} , 10^{563} , 10^{564} , 10^{565} , 10^{566} , 10^{567} , 10^{568} , 10^{569} , 10^{570} , 10^{571} , 10^{572} , 10^{573} , 10^{574} , 10^{575} , 10^{576} , 10^{577} , 10^{578} , 10^{579} , 10^{580} , 10^{581} , 10^{582} , 10^{583} , 10^{584} , 10^{585} , 10^{586} , 10^{587} , 10^{588} , 10^{589} , 10^{590} , 10^{591} , 10^{592} , 10^{593} , 10^{594} , 10^{595} , 10^{596} , 10^{597} , 10^{598} , 10^{599} , 10^{600} , 10^{601} , 10^{602} , 10^{603} , 10^{604} , 10^{605} , 10^{606} , 10^{607} , 10^{608} , 10^{609} , 10^{610} , 10^{611} , 10^{612} , 10^{613} , 10^{614} , 10^{615} , 10^{616} , 10^{617} , 10^{618} , 10^{619} , 10^{620} , 10^{621} , 10^{622} , 10^{623} , 10^{624} , 10^{625} , 10^{626} , 10^{627} , 10^{628} , 10^{629} , 10^{630} , 10^{631} , 10^{632} , 10^{633} , 10^{634} , 10^{635} , 10^{636} , 10^{637} , 10^{638} , 10^{639} , 10^{640} , 10^{641} , 10^{642} , 10^{643} , 10^{644} , 10^{645} , 10^{646} , 10^{647} , 10^{648} , 10^{649} , 10^{650} , 10^{651} , 10^{652} , 10^{653} , 10^{654} , 10^{655} , 10^{656} , 10^{657} , 10^{658} , 10^{659} , 10^{660} , 10^{661} , 10^{662} , 10^{663} , 10^{664} , 10^{665} , 10^{666} , 10^{667} , 10^{668} , 10^{669} , 10^{670} , 10^{671} , 10^{672} , 10^{673} , 10^{674} , 10^{675} , 10^{676} , 10^{677} , 10^{678} , 10^{679} , 10^{680} , 10^{681} , 10^{682} , 10^{683} , 10^{684} , 10^{685} , 10^{686} , 10^{687} , 10^{688} , 10^{689} , 10^{690} , 10^{691} , 10^{692} , 10^{693} , 10^{694} , 10^{695} , 10^{696} , 10^{697} , 10^{698} , 10^{699} , 10^{700} , 10^{701} , 10^{702} , 10^{703} , 10^{704} , 10^{705} , 10^{706} , 10^{707} , 10^{708} , 10^{709} , 10^{710} , 10^{711} , 10^{712} , 10^{713} , 10^{714} , 10^{715} , 10^{716} , 10^{717} , 10^{718} , 10^{719} , 10^{720} , 10^{721} , 10^{722} , 10^{723} , 10^{724} , 10^{725} , 10^{726} , 10^{727} , 10^{728} , 10^{729} , 10^{730} , 10^{731} , 10^{732} , 10^{733} , 10^{734} , 10^{735} , 10^{736} , 10^{737} , 10^{738} , 10^{739} , 10^{740} , 10^{741} , 10^{742} , 10^{743} , 10^{744} , 10^{745} , 10^{746} , 10^{747} , 10^{748} , 10^{749} , 10^{750} , 10^{751} , 10^{752} , 10^{753} , 10^{754} , 10^{755} , 10^{756} , 10^{757} , 10^{758} , 10^{759} , 10^{760} , 10^{761} , 10^{762} , 10^{763} , 10^{764} , 10^{765} , 10^{766} , 10^{767} , 10^{768} , 10^{769} , 10^{770} , 10^{771} , 10^{772} , 10^{773} , 10^{774} , 10^{775} , 10^{776} , 10^{777} , 10^{778} , 10^{779} , 10^{780} , 10^{781} , 10^{782} , 10^{783} , 10^{784} , 10^{785} , 10^{786} , 10^{787} , 10^{788} , 10^{789} , 10^{790} , 10^{791} , 10^{792} , 10^{793} , 10^{794} , 10^{795} , 10^{796} , 10^{797} , 10^{798} , 10^{799} , 10^{800} , 10^{801} , 10^{802} , 10^{803} , 10^{804} , 10^{805} , 10^{806} , 10^{807} , 10^{808} , 10^{809} , 10^{810} , 10^{811} , 10^{812} , 10^{813} , 10^{814} , 10^{815} , 10^{816} , 10^{817} , 10^{818} , 10^{819} , 10^{820} , 10^{821} , 10^{822} , 10^{823} , 10^{824} , 10^{825} , 10^{826} , 10^{827} , 10^{828} , 10^{829} , 10^{830} , 10^{831} , 10^{832} , 10^{833} , 10^{834} , 10^{835} , 10^{836} , 10^{837} , 10^{838} , 10^{839} , 10^{840} , 10^{841} , 10^{842} , 10^{843} , 10^{844} , 10^{845} , 10^{846} , 10^{847} , 10^{848} , 10^{849} , 10^{850} , 10^{851} , 10^{852} , 10^{853} , 10^{854} , 10^{855} , 10^{856} , 10^{857} , 10^{858} , 10^{859} , 10^{860} , 10^{861} , 10^{862} , 10^{863} , 10^{864} , 10^{865} , 10^{866} , 10^{867} , 10^{868} , 10^{869} , 10^{870} , 10^{871} , 10^{872} , 10^{873} , 10^{874} , 10^{875} , 10^{876} , 10^{877} , 10^{878} , 10^{879} , 10^{880} , 10^{881} , 10^{882} , 10^{883} , 10^{884} , 10^{885} , 10^{886} , 10^{887} , 10^{888} , 10^{889} , 10^{890} , 10^{891} , 10^{892} , 10^{893} , 10^{894} , 10^{895} , 10^{896} , 10^{897} , 10^{898} , 10^{899} , 10^{900} , 10^{901} , 10^{902} , 10^{903} , 10^{904} , 10^{905} , 10^{906} , 10^{907} , 10^{908} , 10^{909} , 10^{910} , 10^{911} , 10^{912} , 10^{913} , 10^{914} , 10^{915} , 10^{916} , 10^{917} , 10^{918} , 10^{919} , 10^{920} , 10^{921} , 10^{922} , 10^{923} , 10^{924} , 10^{925} , 10^{926} , 10^{927} , 10^{928} , 10^{929} , 10^{930} , 10^{931} , 10^{932} , 10^{933} , 10^{934} , 10^{935} , 10^{936} , 10^{937} , 10^{938} , 10^{939} , 10^{940}

1. Конструкционные углеродистые стали

Сталь цинируется так же хорошо, как и стали марок 10 и 20. При температуре цинирования 850° и выдержке в течение 1 часа глубина слоя достигает около 0,35 мм, при поверхностной твердости около 760 Н.

Сталь хорошо цементируется. Глубина цементованного слоя получается несколько меньшей, чем у стали марок 10 и 20.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Автоматная сталь применяется для изготовления винтов всех видов, болтов, шпильки, гайки, малоответственных цементуемых и цинируемых деталей.

ИСТОЧНИКИ

1. Автомобильные и конструкционные стали. Справочник, 1951.
2. Конструкционные стали. Справочник. Т. 1. 1947.
3. Н. К. Ивлев. Сталь № 3. 4. 1942.
4. Б. Г. Давыдов. Физические свойства черных металлов. Металлургия, 1947.
5. Металл. Азбучек. А. М. 1938 и 1939.
6. Машиностроение. Т. 3. Справочник, 1947.

АВТОМАТНАЯ СТАЛЬ А-20

Основное назначение — изготовление деталей на винторезных станках и автоматах.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1414-54).

Таблица 1

Содержание элементов, %				
C	Mn	Si	S	P
0,15-0,25	0,60-0,90	0,15-0,35	0,08-0,15	Не более 0,06

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ _с	δ ₅		ψ	Н _В
					не менее	не более		
Сортовой прокат горячекатаный	Без термообработки	ГОСТ 1414-54	—	46-61	20	30	—	168
Сортовой прокат холоднокатаный*	Без термообработки	То же	20	20	62-80	7	—	167-217
			20-30	37-76	7	—	—	167-217
			свыше 30	54-73	7	—	—	167-217

* Механические свойства определяются по требованию заказчика.

I. Конструкционные углеродистые стали

3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [5].

Таблица 3

Температура, °C	20	100	300	450
$E \cdot 10^{-3}$	20,2	18,7	17,0	15,7

4. Физические свойства:

а) Теплоемкость C , $\frac{\text{кал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ [4].

Таблица 4

Интервал температур, °C	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,112	0,114	0,123	0,136

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [4].

Таблица 5

Температура, °C	100	200	400	500
λ	0,185	0,159	0,113	0,098

в) Коэффициент линейного расширения α [5].

Таблица 6

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-400	20-500
$\alpha \cdot 10^{-6}$	11,9	12,5	13,6	14,2

г) Критические точки: $A_1 = 735^\circ$, $A_2 = 866^\circ$, $A_3 = 685^\circ$, $A_4 = 840^\circ$.д) Удельный вес $\gamma = 7,832 \text{ г/см}^3$ [4].

5. Коррозионная стойкость. Сталь имеет низкое сопротивление атмосферной коррозии. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом, ФЦ, красками и эмалью (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

Автоматная сталь

A-12

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка, горячая и холодная деформация** [3]. Сталь выплавляется в основных мартеновских печах и бессемеровских конвертерах. Горячая прокатка прутков различных профилей и ковка не вызывает затруднений.

Температурный интервал горячей механической обработки 1200—950°. Горячая деформация при температуре выше 1200° вызывает белоломкость, а при температуре ниже 950° — краснеломкость.

Прокатка слитков рекомендуется с небольшими обжатиями. Охлаждение заготовок после прокатки иликовки производится на воздухе.

Сталь удовлетворительно катается в холодном состоянии. Высокое содержание в стали серы и фосфора уменьшает ее пластичность в холодном состоянии и повышает чувствительность стали к напряжениям ударного характера.

2. **Характерные виды брака.** Повышенное содержание серы в кипящей автоматной стали обуславливает наличие волосных трещин на поверхности обрабатываемых деталей и пелочкообразное расположение сульфидов по границам зерен, что в некоторых случаях вызывает рванины при прокатке и снижает пластические свойства при испытании.

3. **Обрабатываемость резанием** [6]. По ГОСТ 2625-44 в нормализованном состоянии сталь является эталоном обрабатываемости.

Относительная обрабатываемость у этой стали принимается за 100% при $H_v = 179-229$.

4. **Свариваемость.** Сталь для сварных конструкций применять не рекомендуется из-за значительной склонности к образованию трещин, вызванной повышенным содержанием серы и фосфора.

5. **Термическая обработка** [1]. Сталь мало склонна к перегреву. Из-за малой прокаливаемости применяется в нормализованном или отожженном состоянии, а также без термической обработки. Отпускной хрупкости сталь не подвержена.

Таблица 7

Режимы термообработки		
Операция	Температура, °C	Охлаждение
Нормализация	900	на воздухе
Отпуск	840	с печью

I. Конструкционные углеродистые стали

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТы)

1. Механические свойства при повышенных температурах [1].

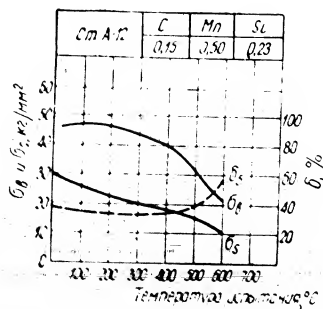


Рис. 27.

Автоматная сталь

A-12

2. Механические свойства в зависимости от степени холодной деформации [2]

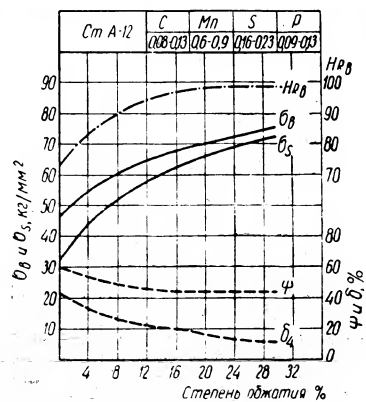


Рис. 28.

1. Конструкционные углеродистые стали

Рекомендуемые материалы:
 а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, УОНИ-13/65, УОНИ-13/85 по ПО 518-55, в зависимости от требований к конструкции;
 б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-08А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348, АН-348А, ОСЦ-45;

в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08А, Св-15, Св-15Г, в зависимости от требований к конструкции.

4. Термическая обработка. Сталь мало склонна к перегреву, отпускной хрупкости не подвержена.

Режимы термообработки

Таблица 7

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Нормализация	850—870	На воздухе
Высокий отпуск	780—720	На воздухе
Отпуск	780—800	С песью
Закалка	830—840	В масле или в нагретой воде
Отпуск	400—650 в зависимости от требуемых свойств	На воздухе

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь для деталей повышенной прочности.

Применяется для изготовления деталей крепления и инструмента: рычагов, ключей, шарниров, цапф, опор и др.

ИСТОЧНИКИ

1. Конструкционные стали. Справочник. Т. 1. Металлургиздат, 1947.
2. С. И. Вольфсон и М. П. Метко. Вестник металлопромышленности. № 11, 1937.
3. С. И. Вольфсон. Энциклопедический справочник. Т. III. Машгиз, 1949.
4. С. С. Поддерибора. Сталь, 1933, стр. 461, 465.
5. Справочник ВИАМ по легированным материалам. Т. 1, 1950.
6. И. П. Миркин и А. Розанов. Труды МИС, вып. 1935.
7. Н. П. Давыдов. Физические свойства сталей, 1946.
8. Металл. Хандбук. ASM, Кларк, 1950.
9. Справочные данные НИИ. ЛМ 691.

АВТОМАТНАЯ СТАЛЬ А-12

Основное назначение — изготовление деталей на винторезных станках и автоматах.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 1414-54).

Таблица 1

Содержание элементов, %				
C	Mn	Si	S	P
0,06—0,16	0,6—0,9	0,15—0,35	0,06—0,20	0,08—0,15

Примечания. 1. По требованию потребителя, оговоренному в заказе, сталь марки А-12 может поставляться с содержанием серы 0,08—0,15%.

2. В стали марки А-12, при содержании фосфора менее 0,1%, серы должно быть 0,1—0,2%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ_s	σ_b	δ	ψ	H_b
не менее								
Сортовой прокат горячекатаный	Без термообработки	ГОСТ 1414-54	—	42—57	22	36	—	не более 160
Сортовой прокат холоднотянутый	Без термообработки	ГОСТ 1414-54	до 20	60—80	7,0	—	—	167—217
То же	То же	То же	20—30	55—75	7,0	—	—	167—217
То же	То же	То же	свыше 30	52—70	7,0	—	—	167—217

9. Прокляиваемость [1].

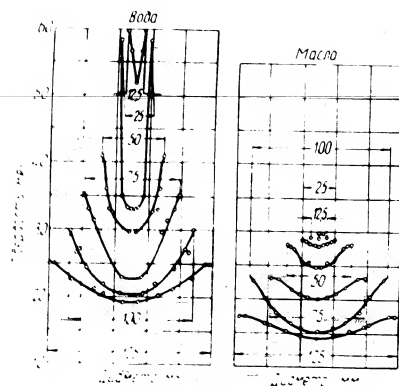


Рис. 26

10. Физические свойства.

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$

Таблица 5

Интервал тем- ператур, °C	0-100	0-200	0-400	0-600
λ	0,112	0,115	0,125	0,137

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [7].

Таблица 6

Температура, °C	100	200	400	500
λ	0,162	0,132	0,085	0,075

в) Коэффициент линейного расширения (в интервале 20—100°):

$$\alpha \cdot 10^6 = 11,649 [8].$$

г) Критические точки: $Ac_1 = 725^\circ$; $Ac_1 = 770^\circ$; $Ar_1 = 690^\circ$; $Ar_2 = 720^\circ$ [8].

д) Удельный вес $\gamma = 7,814 \text{ г/см}^3$ [7].

11. Коррозионная стойкость. Сталь в окислителях не стойка. Сталь имеет низкое сопротивление атмосферной коррозии. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЛ, красками и эмалями (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных или кислых мартеновских печах. Горячая прокатка различных профилей и ковка не вызывают затруднений. Температурный интервал горячей механической обработки 1250—800°. Сталь удовлетворительно катается в холодном состоянии.

2. Обрабатываемость резанием [3]. Относительная обрабатываемость при $H_v = 179-229$ по сравнению со сталью А-12 составляет 60%.

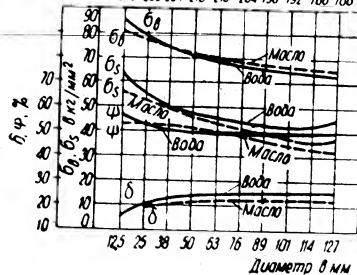
3. Свариваемость. Сталь обладает ограниченной свариваемостью при всех видах сварки. Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку и приватку сложных узлов и конструкций рекомендуется производить с подогревом до 250—350° С. Точечную сварку рекомендуется производить на «мягких» режимах с предварительным подогревом до 250—300° С.

После сварки, не позднее чем через 8—10 часов, сварные узлы и конструкции необходимо подвергать высокому отпуску.

1. Конструкционные углеродистые стали

5. Механические свойства в зависимости от массы после термической обработки [9].

Отпуск 540°C
H_B после закалки в масле 239 227 222 216 210 207 203 197 185 193
H_B после закалки в воде 245 232 224 218 210 204 196 192 188 188



Отпуск 650°C
H_B после закалки в масле 216 210 206 206 204 202 200 200 200
H_B после закалки в воде 242 231 204 202 198 192 189 188 184 182

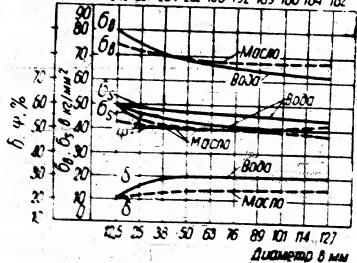


Рис. 24.

Сталь среднеуглеродистая

6. Модуль нормальной упругости E, кг/мм² [2].

Таблица 3

Температура, °C	+20	+100	+200	+300	+400	+450
E · 10⁻⁴	20,4	20,5	19,7	19,4	17,5	16,1

7. Предел выносливости (усталости) [4].

Таблица 4

Предел выносливости при изгибе σ ₋₁ , кг/мм²	Механические свойства				Состояние стали
	σ _B	σ _S	δ	ψ	
23,6	28,1	53,2	32,5	49,3	Отжиг
23,8	49,0	68,2	23,2	57,8	Нормализация, закалка + отпуск

Химический состав (%):
1. Для отожженной стали: C = 0,42; Mn = 0,60;
2. Для закаленной и отпущенной стали C = 0,45; Mn = 0,46.

8. Изотермическое превращение аустенита [1].

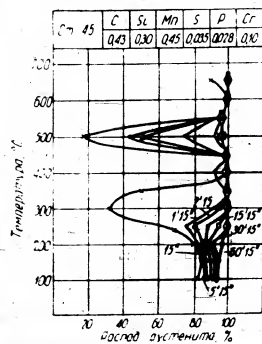


Рис. 25.

1. Конструкционные углеродистые стали

3. Механические свойства при низких температурах (в нормализованном состоянии) [9].

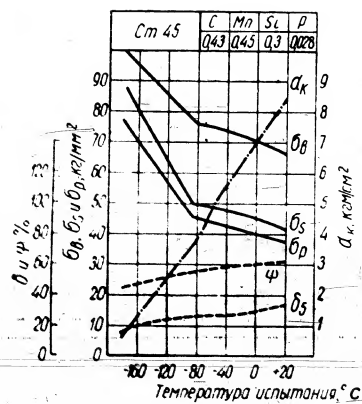


Рис. 22.

Сталь среднеуглеродистая

45

4. Механические свойства при низких температурах (в улучшенном состоянии) [5].

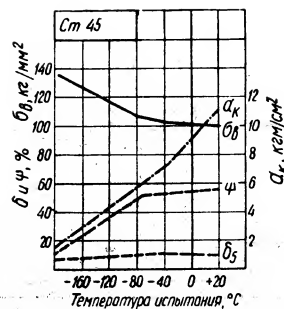


Рис. 23.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [9]. (См. Введение, раздел II, абзац 3).

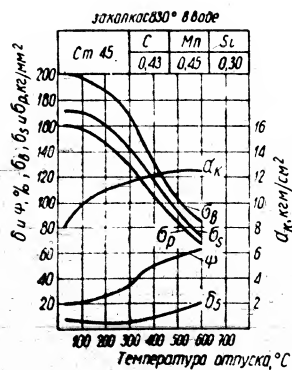


Рис. 20

2. Механические свойства при повышенных температурах [2].

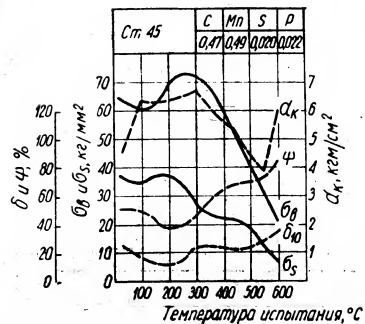


Рис. 21.

СТАЛЬ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТАЯ 45

Основное назначение: конструкционная сталь для сортопроката, листов, полос, труб и проволоки, идущих для изготовления деталей повышенной прочности.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52).

Таблица 1

Содержание элементов, в %

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr
не более						
0,42—0,50	0,30—0,80	0,17—0,37	0,045	0,040	0,30	0,30

Примечания: 1. Допускается отклонение по содержанию углерода $\pm 0,01\%$.

2. Для производства накатанной проволоки поставляется сталь с содержанием марганца 0,3—0,6%, хрома не более 0,10%, никеля не более 0,15% и меди не более 0,30%.

3. Сталь для холодной высадки, по требованию заказчика, должна содержать марганца не более 0,80%, кремния 0,20% и серы 0,005%.

Сталь среднеуглеродистая

45

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	σ_b	δ_5	ψ	Н _к не более
			не менее				
Сортовой прокат горячекатаный (прутки, полосы)	отожженный	ГОСТ 1050-52	—	—	—	—	207
	нормализованный	то же	34	60	16	40	—
Сортовой прокат холоднотянутый (прутки) и холоднокатаный (полосы)	нагартованный	ГОСТ 1051-50	—	65	6,0	30	241
	отожженный	то же	—	55	13,0	40	207
	отожженный для холодной высадки	—	—	не более 60	15,0	50	163
Проволока круглая холоднотянутая	нагартованная	ГОСТ 1982-50	—	110—70	—	число не менее 5—1	—
Трубы бесшовные горячекатаные	без отжига	ГОСТ 301-50	—	60	14	—	187
Трубы бесшовные холоднотянутые	отожженные	то же	—	60	14	—	187

Примечания: 1. По требованию заказчика сталь диаметром более 16 мм и другие профили толщиной более 12 мм испытываются на ударную вязкость по нормам, установленным специальными ТУ.

2. Проволока холоднотянутая изготавливается диаметром 0,3—7 мм. По мере увеличения диаметра σ_s и число перегибов снижаются в указанных пределах.

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{кал}}{\text{см. сек. град}}$ [1].

Таблица 5

Температура, °C	100	200	300	400	500
λ	0,180	0,154	0,125	0,105	0,090

в) Коэффициент линейного расширения α [4].

Таблица 6

Интервал температур, °C	20—100	20—200	20—400	20—500	20—600
$\alpha \cdot 10^6$	11,09	11,89	13,42	14,02	14,43

г) Критические точки $A_{c1} = 730^\circ$; $A_{c2} = 802^\circ$; $A_{c3} = 691^\circ$; $A_{r1} = 791^\circ$ [4].д) Удельный вес $\gamma = 7,817 \text{ г/см}^3$ [5].

8. Коррозионная стойкость. Сталь в окислителях не стойка. Имеет низкое сопротивление атмосферной коррозии.

Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ, красками и эмалью (НО 270-54, НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Горячая прокатка и ковка не вызывают затруднений. Температурный интервал горячей механической обработки 1250—800°. Сталь удовлетворительно катается в холодном состоянии.

2. Обрабатываемость резанием. Относительная обрабатываемость при $H_v = 174-217$ по сравнению со сталью А-12 составляет 65%.

3. Свариваемость. Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку и прихватку сложных узлов и конструкций при толщине более 2,5 мм рекомендуется производить с предварительным местным подогревом до 250—350° С. Точечную сварку

рекомендуется производить на «мягких» режимах с предварительным подогревом до 250—350° С. Сварные узлы и конструкции не позднее чем через 8—10 час после сварки целесообразно подвергать высокому отпуску.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/55, УОНИ-13/65 и УОНИ-13/85 по НО 518-55, в зависимости от требований к конструкции;

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволоки Св-08А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348, АН-348А и ОСЦ-45;

в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08А.

4. Термическая обработка. Сталь к перегреву не склонна, отпускной хрупкости не подвержена.

Таблица 7

Режимы термообработки

Операция	Температура, °C	Охлаждение
Нормализация . . .	860—880	На воздухе
Высокий отпуск . . .	680—720	На воздухе
Отжиг	850—890	С печью
Закалка	840—860	В воде или в масле
Отпуск	На требуемую твердость	На воздухе

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь для деталей, не испытывающих больших напряжений. Применяется, главным образом, в нормализованном состоянии, а также после термической обработки, для изготовления штурцев, корпусов, фиксаторов и др.

ИСТОЧНИКИ

- [1] Конструкционные стали. Справочник. Т. I. Металлургиздат, 1947.
- [2] С. И. Вольфсон и М. П. Мягков. Вестник металлопромышленности, № 17, 18, 1937.
- [3] Крафтс и Кньюел. Трансакции оф Америкен Института, оф Металс, 126, 1937.
- [4] Металлс Хэндибуок АСМ, 1939.
- [5] Б. Г. Лившиц. Физические свойства черных металлов, 1946.
- [6] М. А. Квасов. Аэрон ЕНДЖ. № 16, 1-8, 1938.
- [7] «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III. Машгиз, 1947.
- [8] Данные НИИ, П/я 621.

4. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [2].

Таблица 3

Температура, °C	20	100	200	300	400	450
$E \cdot 10^{-3}$	20,1	20,1	19,6	17,9	17,1	15,7

5. Изотермическое превращение аустенита [8].

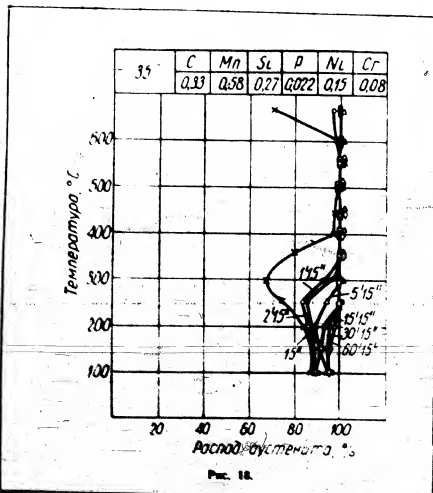


Рис. 18.

6. Прокаливаемость [6].

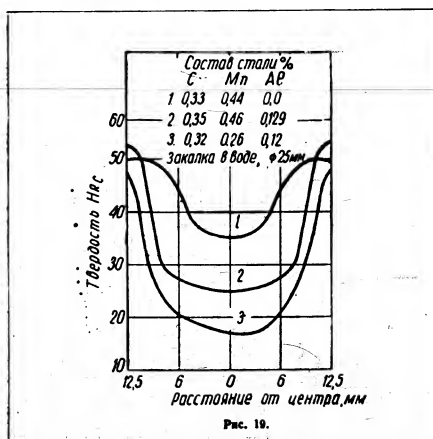


Рис. 19.

7. Физические свойства.

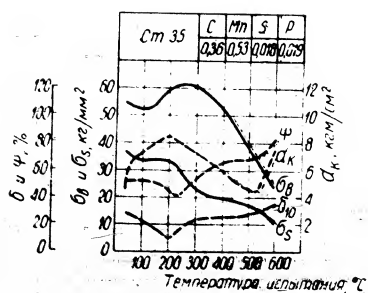
а) Теплоемкость C , $\frac{\text{кал}}{\text{г. град}}$ [5].

Таблица 4

Интервал температур, °C	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,112	0,115	0,125	0,136

1. Конструкционные углеродистые стали

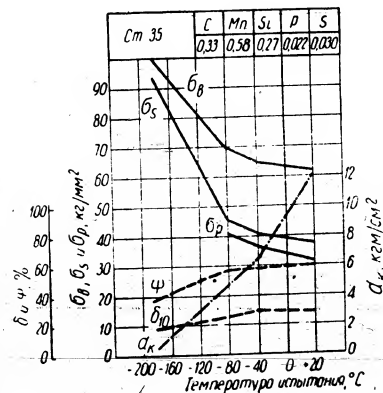
2. Механические свойства при повышенных температурах [2].



Сталь среднеуглеродистая

35

3. Механические свойства при низких температурах (в нормализованном состоянии) [8].



I. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	н е м е н е е				
			σ_s	σ_b	δ_5	ψ	$d_{отв}$
Трубы бесшовные горячекатаные	без отжига	ГОСТ 301-50	—	52	17,0	—	4,4
Трубы бесшовные холоднокатаные	отожженные	то же	—	52	17,0	—	4,4
Проволока	нагартованная	ГОСТ 1963-50	—	100—60	перегибов от 6 до 2		
			толщина, мм		σ_b		
Лист горячекатаный	Термообработанный	ГОСТ 2672-52	до 1,5	50—65	16	—	—
			1,5—2,0	то же	17	—	—
			св. 2,0	.	18	—	—
			св. 4,0	.	18	—	5,05—4,45

Примечание 1. По требованию заказчика круглые стали диаметром более 16 мм и другие профили толщиной более 12 мм испытывают на ударную вязкость по нормам, установленным специально для ТУ.

2. Проволока изготавливается диаметром от 0,3 до 7,0 мм, причем минимальная прочность (100 кг/мм²) относится к малым сечениям и равной 100 кг/мм² — к большим сечениям.

II. Стали среднелегированные

35

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [1]. (См. Введение, раздел II, абзац 3).

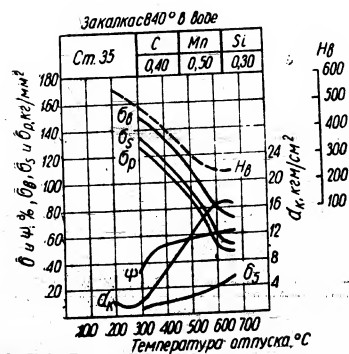


Рис. 15.

6. Прокаливаемость [7].

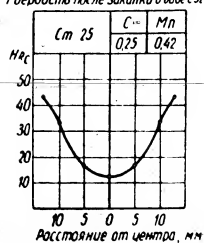
Твердость после закалки в воде HRC_{925}° 

Рис. 14

7. Физические свойства.

а) Теплоемкость C , $\frac{\text{ккал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ [4].

Таблица 4

Интервал температур, °C	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,112	0,115	0,124	0,136

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [4].

Таблица 5

Температура, °C	100	200	300	400	500
λ	0,180	0,154	—	0,105	0,090

в) Коэффициент линейного расширения α [6].

Таблица 6

Интервал температур, °C	25-100	25-200	25-400	25-600
$\alpha \cdot 10^6$	11,1	12,3	13,3	14,3

г) Критические точки: $A_{c1} - 735^{\circ}$; $A_{c2} - 840^{\circ}$; $A_{r1} - 680^{\circ}$; $A_{r2} - 824^{\circ}$ [5].д) Удельный вес $\gamma = 7,82 \text{ г/см}^3$ [4].

8. Коррозионная стойкость. Сталь в окислителях не стойка. Имеет низкое сопротивление атмосферной коррозии. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФП, красками и эмалью (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Хорошо катается в горячем и удовлетворительно в холодном состоянии. Температурный интервал горячей механической обработки 1270—800°С. Сталь хорошо штампуется в горячем и удовлетворительно в холодном состоянии.

Изготавливаемые полуфабрикаты: листы горячекатаные и холоднокатаные, сортовой прокат горячекатаный и холоднокатаный, ленты холоднокатаные, поковки, проволока, трубы и т. п.

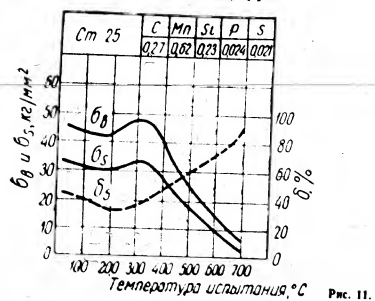
2. Обрабатываемость резанием [6]. Относительная обрабатываемость при $H_v = 174 - 217$ по сравнению со сталью А-12 составляет 65%.

3. Свариваемость. Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. Ручную дуговую, газовую, атомно-водородную сварку и прихватки сложных узлов и конструкций при толщине более 2,5 мм рекомендуется производить с предварительным местным подогревом до 250—350°С. Точечную сварку рекомендуется производить на «мягких» режимах с предварительным подогревом до 250—350°С.

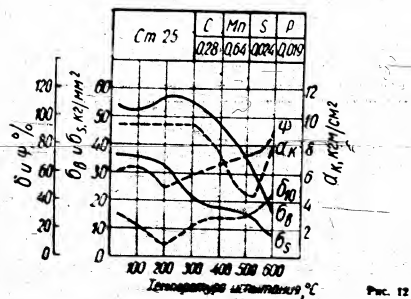
Сварные узлы и конструкции не позднее чем через 8—10 часов после сварки целесообразно подвергать высокому отпуску при температуре 600—650°С.

1. Конструкционные углеродистые стали

2. Механические свойства при повышенных температурах (в нормализованном состоянии) [8].



3. Механические свойства при повышенных температурах [2].



Сталь среднеуглеродистая

25

4. Механические свойства при низких температурах (в нормализованном состоянии) [8].

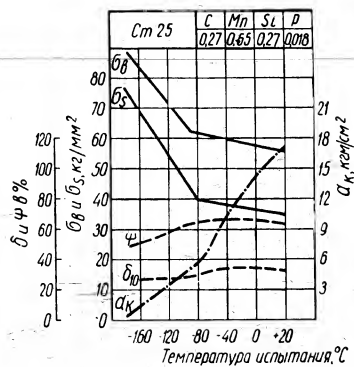
5. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [2].

Таблица 3

Температура, °C	20	100	200	300	400	450
$E \cdot 10^{-4}$	20,2	20,0	19,5	18,9	16,7	15,2

Таблица 2

Вид дефекта	Состояние поверхности	Источники	Размер, мм	δ	ψ	ϕ	$d_{\text{нп}}$
Сварочный шов	Нормализованный	ГОСТ 1001-72	26	44	23	50	—
Сварочный шов	Нормализованный	ГОСТ 1001-70	—	55	7	40	4,1
Сварочный шов	Опущенный	ГОСТ 1001-70	—	42	19	50	4,6
Круглая проволочка	Нормализованная	ГОСТ 1001-70	2,2—5,0	70	—	—	—
Лист холодной катаный	Нормализованный	ГОСТ 2284-43	до 3,0	55—90	2	—	—
То же	Нормализованный	ГОСТ 2284-43	до 3,0	35	60	18	—
Лист горячекатаный	Нормализованный	ГОСТ 1577-53	4—60	45	26	—	—
Лист холоднокатаный и горячекатаный	Нормализованный	ГОСТ 914-56	0,2—4,0	40—55	22—24	—	—

Примечания: 1. Листы испытываются на образцах, изготовленных по ГОСТ 503-41.
2. Листы испытываются на изгиб (см. ГОСТ 914-56 и ГОСТ 1577-53).

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [1]. (См. Введение, раздел II, абзац 3).

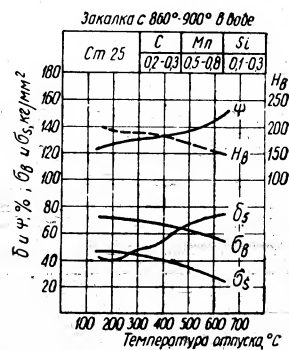


Рис. 10.

1. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 8 (продолжение)

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Цементация	910-920	
Закалка	780-800	В воде
Отпуск	140-180	На воздухе
Цилиндрование	850-10	
Закалка	840	В воде
Отпуск	140-180	На воздухе
Закалка	870-900	В воде
Отпуск	На требуемую твердость	На воздухе

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь предназначена для сварных и штампованных деталей невысокой прочности, а также для цементуемых и цилиндруемых деталей, не требующих повышенной прочности сердцевины.

ИСТОЧНИКИ

1. Г. В. Акимов и К. И. Акимов. Единая спецификация материалов машиностроения. Ч. I и II, 1945.
2. С. С. Позопритора. Сталь (сборник), 1933.
3. Данные НИИ. П/м 989.
4. В. Г. Лившиц. Физические свойства черных металлов, 1946.
5. «Конструкционные стали». Справочник. Т. I, 1947.
6. Металл. Хандбук АСМ, 1939.
7. «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III, Машгиз, 1947.
8. Данные НИИ. П/м 621.

СТАЛЬ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТАЯ 25

Основное назначение: конструкционная сталь для поковок, листов, лент, проволоки и труб, идущих на изготовление мало-нагруженных деталей.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52).

Таблица 1

Содержание элементов, %

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
			не более			
0,22-0,30	0,50-0,80	0,17-0,37	0,045	0,040	0,30	0,30

4. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [3].

Таблица 4

Температура, °C	-193	-100	-50	+20	+200	+300	+350	+400	+450	+500
$E \cdot 10^{-4}$	21,5	20,79	20,8	20,4	19,4	18,9	18,7	18,0	17,8	16,6

5. Физические свойства.

а) Теплоемкость C , $\frac{\text{ккал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ [4].

Таблица 5

Интервал температур, °C	0—100	0—200	0—400	0—600
C	0,112	0,115	0,128	0,136

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [4].

Таблица 6

Температура, °C	100	200	400	500
λ	0,186	0,159	0,114	0,100

в) Коэффициент линейного расширения α [5].

Таблица 7

Интервал температур, °C	20—100	20—200	20—400	20—600
$\alpha \cdot 10^6$	11,1	12,1	13,4	14,4

г) Удельный вес $\gamma = 7,82 \text{ г/см}^3$ [4].д) Критические точки: $A_{c1} = 735^\circ$; $A_{c2} = 854^\circ$; $A_{r1} = 682^\circ$; $A_{r2} = 838^\circ$ [6].

е) Коррозионная стойкость. В окислителях сталь не стойка.

Сопротивление атмосферной коррозии весьма низкое. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ, красками и эмалью (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Хорошо катается в горячем и удовлетворительно в холодном состоянии.

Температурный интервал горячей механической обработки 1270—800°. Сталь хорошо штампруется в горячем и холодном состоянии. Изготавливаемые полуфабрикаты: листы горячекатаные и холоднокатаные, ленты холоднокатаные, сортовая сталь горячекатаная, проволока и трубы.

2. Обрабатываемость резанием [7]. Относительная обрабатываемость при $H_v = 137—174$ по сравнению со сталью А-12 составляет 65%.

3. Свариваемость. Сталь удовлетворительно сваривается всеми видами сварки. Точечную сварку рекомендуется производить на «мягких» режимах. Для снятия внутренних напряжений сварные узлы и конструкции весьма сложной конфигурации после сварки не позднее чем через 8—10 часов целесообразно подвергать высокому отпуску при температуре 600—650°С.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/45 или УОНИ-13/55 по НО 518-55;

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-08А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348, АН-348А и ОСЦ-45;

в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08А.

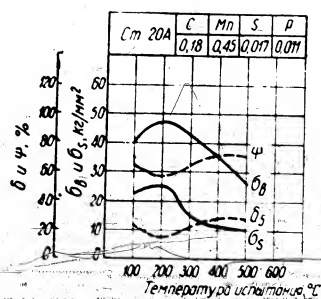
4. Термическая и химико-термическая обработка. Сталь не склонна к перегреву. Склонности к отпускной хрупкости не имеет.

Таблица 8

Режимы обработки		
Операция	Температура, °C	Охлаждение
Нормализация	890—920	На воздухе
Высокий отпуск	680—720	На воздухе

1. Конструкционные углеродистые стали.

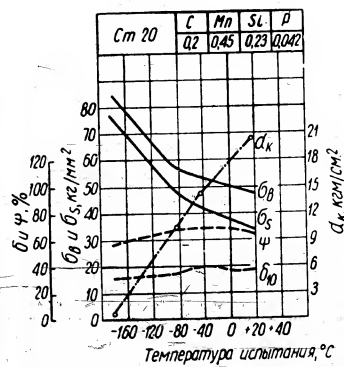
2. Механические свойства при повышенных температурах [1].



Сталь малоуглеродистая

20, 20А

3. Механические свойства при низких температурах (в нормализованном состоянии) [8].



1. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ_s	δ_{10}	Число перегибов не менее
Листы горячекатаные	Термически обработанные	ГОСТ 2672-52	4,0—6,0	40—55	24	—
Ленты холоднокатаные	Нагартованные (Г)	ГОСТ 2284-43	0,3	50—85	2	—
То же	После низкого отжига	То же	0,3	32—55	20	—
Круглая холоднокатаная проволока	Нагартованная	ГОСТ 1798-49	0,8—2,5	55	—	6
			2,8—3,5	50	—	5
			4,0—5,0	50	—	4

Примечания: 1. Листы по ГОСТ 914-56 нормальной вытяжки толщиной более 2,0 мм, а также листы, поставляемые без термической обработки, подвергаются испытанию механических свойств только по требованию заказчика.
2. Листы толщиной до 2 мм испытываются на изгиб на 180° до соприкосновения сторон. Листы толщиной более 2 мм испытываются на изгиб с прокладкой, равной толщине листа. На сгибе не должно быть трещин, расколов и надрывов.
3. Пробы по Эриксену производятся для листов «Г» и «ВГ» толщиной до 1 мм.
4. Образцы для испытания ленты изготавливаются по ГОСТ 503-41.

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	δ_{10}	δ_{100}	Число перегибов не менее
Трубы холоднокатаные	После отжига	ГОСТ 301-50	40	20	—	4,8
	После отжига	ТУ 1078	40	20	—	—
Трубы горячекатаные	Без отжига	ГОСТ 301-50	40	20	—	4,8
	Без отжига	ТУ 1078-49	40	20	50	3,8
Сортный прокат	Нормализация (образцы)	ГОСТ 1050-52	41	25	55	4,25

Примечание. Испытание на твердость производится только по требованию заказчика и при толщине стенки более 10 мм.

Сталь малоуглеродистая

20, 20А

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства в зависимости от температуры отпуска [2]. (См. Введение, раздел II, абзац 3).

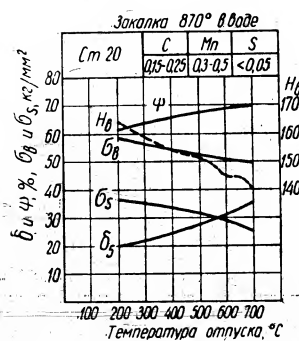


Рис. 7.

1. Конструкционные углеродистые стали

2. **Обрабатываемость резанием** [5]. Относительная обрабатываемость при $H_v = 131-170$ по сравнению со сталью А-12 составляет 50%.

3. **Свариваемость**. Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки. Точечную сварку конструкций, в которых точки работают на отрыв, рекомендуется производить на «мягких» режимах.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/45, УОНИ-13/55 по ГОСТ 518-55.

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-08А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348, АН-348А, ОСЦ-45;

в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08А.

4. **Термическая обработка**. Сталь не склонна к перегреву. Склонности к отпускной хрупкости не имеет.

Рекомендуемая температура нормализации 900—920°.

Закалка от температуры 900—920° в воде рекомендуется для улучшения обрабатываемости.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Цементируемая или цинкируемая сталь для деталей, не требующих повышенной прочности сердцевины.

Применяется для изготовления болтов, гаек, заклепок, рычагов, ключей и др.

Для цементируемых деталей рекомендуется применять сталь 15А.

ИСТОЧНИКИ

1. Конструкционные стали. Справочник. 1947.

2. С. И. Вольфсон и М. П. Мягков. Вестник металлопромышленности. 17, № 8, 1937.

3. Б. Г. Лившиц. Физические свойства черных металлов. Металлургия, 1946.

4. Металл Халдбрук АСМ, 1939.

5. «Машиностроение». Энциклопедический справочник. Т. III, Машиностроение, 1947.

СТАЛЬ МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ 20, 20А

Основное назначение — изготовление листов, лент, проволоки и труб.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52).

Таблица 1

Содержание элементов, %						
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
не более						
0,17—0,25	0,35—0,65	0,17—0,37	0,045	0,040	0,30	0,30

Примечания: 1. Для стали марки 20А по ТУ 1078 допускается не более 0,035% серы.

2. При поставке стали по ГОСТ 2672-52 содержание серы не должно превышать 0,040%.

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ_s	δ_{10}	Число перегибов на метр
Листы холоднокатаные и горячекатаные	Термически обработанные, разнородные (выпущены ВГ, Г и Н)...	ГОСТ 914-56	0,2—4,0	35—51	24—26	—
Листы холоднокатаные	Термически обработанные...	ГОСТ 2672-52	до 4,0	35—50	24	—

1. Конструкционные углеродистые стали

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства при повышенных температурах [2].

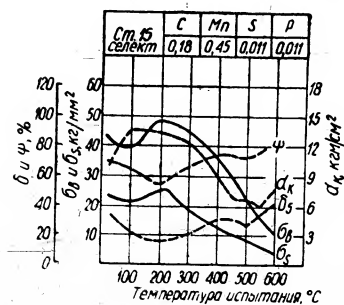


Рис. 6.

2. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [2]. (Химический состав, %: C=0,18, Mn=0,45).

Таблица 3

Температура, °C	20	100	200	300	400	450
$E \cdot 10^{-3}$	20,2	18,7	17,9	17,0	16,1	15,7

3. Физические свойства:

а) Теплоемкость C , ккал/кг·град [3].

Сталь малоуглеродистая 15, 15А (селект)

Таблица 4

Интервал температур, °C	0-100	0-200	0-400	0-600
C	0,112	0,114	0,123	0,136

б) Теплопроводность λ , ккал/см·сек·град [3].

Таблица 5

Температура, °C	100	200	400	500
λ	0,185	0,159	0,113	0,086

в) Коэффициент линейного расширения α [4].

Таблица 6

Интервал температур, °C	20-100	20-200	20-400	20-500
$\alpha \cdot 10^6$	11,9	12,5	13,6	14,2

г) критические точки: $A_{c1} - 735$; $A_{r1} - 685^\circ$; $A_{c2} - 863^\circ$; $A_{r2} - 840^\circ$ [4].

д) Удельный вес $\gamma = 7,82 \text{ г/см}^3$ [3].

4. Коррозионная стойкость. Сопротивление атмосферной коррозии весьма низкое.

Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом ФЦ или красками и эмалью (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Хорошо катается в горячем и холодном состоянии. Температурный интервал горячей механической обработки — 1280 — 800°.

Сталь хорошо штампуются в горячем и холодном состоянии. Изготавливаемые полуфабрикаты: листы горячекатаные и холоднокатаные, ленты холоднокатаные, прутки, проволока, сортовая сталь горячекатаная и холоднокатаная.

1. Конструкционные углеродистые стали

вместость при $H_s = 131-170$ по сравнению со сталью А-12 составляет 50%.

5. Свариваемость. Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки.

Рекомендуемые материалы:

а) при дуговой ручной сварке — электроды УОНИ-13/45; УОНИ-13/55 по ГОСТ 518-55;

б) при дуговой автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-08 А (ГОСТ 2246-54), флюс АН-348; АН-348 А; ОСЦ-45;

в) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08 А.

6. Термическая и химико-термическая обработка. Сталь не склонна к перегреву. Склонности к отпускной хрупкости не имеет.

Режимы обработки Таблица 8

Операция	Температура, °С	Охлаждение
Нормализация	900—950	На воздухе
Высокий отпуск	680—720	На воздухе
Цементация	910	—
Закалка	780—800	В воде
Отпуск	140—180	На воздухе
Цилиндрование	850±10	—
Закалка	840	В воде
Отпуск	140—180	На воздухе

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Малоуглеродистая сталь применяется для деталей, изготовляемых в холодном состоянии г.б.кой вытяжкой. Применяется также для деталей и узлов, подвергающихся сварке.

ИСТОЧНИКИ

1. С. И. Вольфсон и М. П. Мягков. Вестник металлопромышленности, 17, № 4, 1937.
2. Кузнецов. Журнал технической физики, Т. VII, вып. 3, 1937.
3. Конструктивные стали. Т. I. Справочник, 1947.
4. Г. В. Акимов и К. И. Акимов. Единая спецификация металлургических материалов машиностроения, 1945.
5. Б. Г. Лавшин. Физические свойства черных металлов. Металлургиздат, 1946.
6. «Машиностроение» Энциклопедический справочник. Т. III. Машин, 1947.

СТАЛЬ МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ 15, 15А (селект)

Основное назначение — изготовление листов, лент, проволоки, сортового проката.

I. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52 для стали 15).

Таблица 1

Марка	Содержание элементов, %						
	C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni
	не более						
15	0,12—0,20	0,35—0,65	0,17—0,37	0,30	0,045	0,040	0,30
15А	0,15—0,20	0,35—0,65	0,17—0,37	0,20	0,035	0,035	0,30

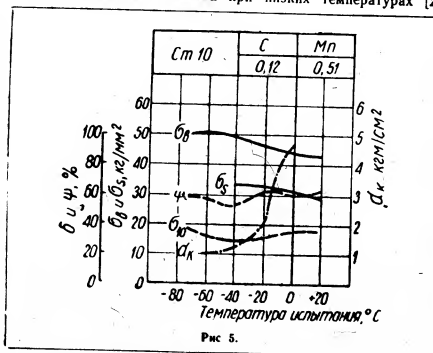
2. Механические свойства (в состоянии поставки). Сталь 15.

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ_s	σ_b
Проволока	нагартованная	ГОСТ 1798-49	0,8—5,0	см. сталь 20	
Лист горячекатаный	нормализованный	ГОСТ 1577-53	от 4,0	38	50
Прокат сортовой горячекатаный	то же	ГОСТ 1050-52		37	27

Примечание. Готовые заклепки (после отпуска) должны иметь сопротивление срезу не менее 34 кг/мм² при испытании с помощью пластин и не менее 32 кг/мм² при испытании в муфте.

2. Механические свойства при низких температурах [2].



3. Модуль нормальной упругости E , кг/мм² [1, 4].

Таблица 4

°C	-180	-80	-40	+15	+20	+100	+200	+300	+400	+450
$E \cdot 10^{-3}$	21,2	21,0	21,2	19,8	20,7	21,0	18,6	15,6	14,4	13,6

4. Физические свойства.

а) Теплоемкость C , $\frac{\text{ккал}}{\text{г} \cdot \text{град}}$ [5].

Таблица 5

Интервал температур, °C	0—100	0—200	0—400	0—600
C	0,110	0,114	0,122	0,135

б) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}}$ [5].

Таблица 6

Температура, °C	100	200	400	500
λ	0,193	0,165	0,123	0,109

в) Коэффициент линейного расширения α [3].

Таблица 7

Интервал температур, °C	20—100	20—200	20—400	20—600
$\alpha \cdot 10^{-6}$	11,6	12,6	13,0	14,6

г) Критические точки: $A_{c1} - 732^\circ$; $A_{c3} - 874^\circ$; $A_{r1} - 680^\circ$; $A_{r3} - 854^\circ$ [3].

д) Удельный вес $\gamma = 7,83 \text{ г/см}^3$ [5].

5. Коррозионная стойкость. Сталь в окислителях не стойка. Сопротивление атмосферной коррозии весьма низкое. Для предохранения от коррозии требуется защита фосфатом, красками и эмалями (НО 270-54 и НО 544-55) или цинкованием (НО 273-54).

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. Выплавка, горячая и холодная деформация. Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Хорошо катается в горячем и холодном состоянии. Температурный интервал горячей механической обработки 1300—800°. Сталь хорошо штампуется в горячем и холодном состоянии, допускает глубокую вытяжку, сложную гибку, выколотку. Изготавливаемые полуфабрикаты: листы горячекатаные и холоднокатаные, ленты холоднокатаные, сортовая сталь горячекатаная и холоднокатаная, прутки, проволоки, поковки, трубы.

2. Неоднородность строения. Для марки 10 кп то же, что и для марки 08 кп.

Сталь 10 (спокойная) имеет более однородное строение.

3. Склонность к старению. Сталь склонна к старению аналогично стали 08 кп (см. соответствующий раздел). Сталь марки 10 кп (кипящая) более подвержена старению, чем спокойная с добавкой алюминия, предварительно хорошо раскисленная сталь марки 10.

4. Обрабатываемость резанием [6]. Относительная обрабатываемость

1. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	Размер, мм	σ_s	$\sigma_{0.2}$	Число испытаний
Листы холоднокатаные (10 кп)	Термически обработанные, нормальной вытяжки (Н)	—	0,2 4,0 28—42	28	—	—
Листы горячекатаные (10 кп)	Термически обработанные, высокой глубокой вытяжки (ВГ)	ГОСТ 914-56	0,2 4,0 28—40	28	—	—
	Термически обработанные, глубокой вытяжки (Г)	То же	0,2—4,0 28—42	27	—	—
	Термически обработанные, нормальной вытяжки (Н)	—	0,2—4,0 28—42	25	—	—
Круглая холоднокатаная проволока	Нагартованная	ГОСТ 1798-49	0,8—2,5 2,8—3,5 4,0—5,0	50 45 45	— 6 — 6 — 5	—

Таблица 3

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_5	ψ	$d_{0.2}$
не менее							
Круглые горячекатаные прутки	Без термообработки	ИЧМТЗ 3290-52	32	18	30	55	6,0—5,0
Круглые горячекатаные прутки	Без термообработки	ГОСТ 1050-52	—	—	—	—	5,1
Круглые холоднокатаные прутки	Нагартованные	ИЧМТЗ 3290-52	—	—	—	—	4,4

Сталь малоуглеродистая

10, 10 кп

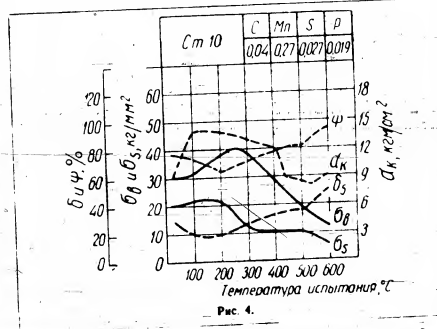
Таблица 3 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источник	σ_s	$\sigma_{0.2}$	δ_5	ψ	$d_{0.2}$
не менее							
Трубы бесшовные холоднокатаные	После отжига	ГОСТ 301-50	32	—	24	—	5,1
То же	То же	ТУ-1077*	32	—	24	50	3,8

Примечания. 1. Для прутков диаметром свыше 80 мм допускается снижение удлинения на 2% и сужение площади сечения на 5% (абсолютных).
2. Испытание на твердость производится на трубах, имеющих толщину стенки более 10 мм.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

1. Механические свойства при повышенных температурах [1].



1. Конструктивные разновидности сталей

6. Термическая обработка [2]

Температура, °С	Охлаждение
ср	ср

Нормализация	800-900	воздух
Резервирование	680-720	
Закалка	780-800	воздух
Отпуск	140-180	воздух

Закалка	840	воздух
Отпуск	140-180	воздух
Закалка	780-800	воздух
Отпуск	140-180	воздух

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сталь предназначена для изготовления малонагруженных деталей, требующих глубокой вытяжки при холодной штамповке и соединяющихся всеми видами сварки.

- ИСТОЧНИКИ
1. «Автомобильные конструкционные стали». Справочник. Машин.
 2. «Конструкционные стали». Справочник. Машин.
 3. Зав. Патентное ведомство СССР, 1947.
 4. А. К. М. О. Основы металлургии. Ленинград, 1950.
 5. Машиностроение. Энциклопедический справочник. т. III. Машин.
 6. Данные НИИ П/г 980.

СТАЛЬ МАЛОВАГЛЕРОДИСТАЯ 10, 10 км

Основное назначение — штамповка из листов толщиной до 4 мм в холодном состоянии с глубокой вытяжкой, бесшовные трубы, проволока и холоднокатаный лист.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ ГОСТ

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52)

Соединяющие элементы, %					
С	Mn	Si	S	P	Ni
0,07-0,15	0,25-0,50	0,17-0,27	0,045	0,040	0,30
0,07-0,15	0,25-0,50	0,17-0,27	0,045	0,040	0,30

2. Механические свойства (в состоянии поставки)

Вид	Состояние поставки	Источники	Размер, мм	По не менее	Листов, не менее
Лист	Термически обработан	ГОСТ 914-56	2-4	0,28-40	32
Лист	Термически обработан	ГОСТ 914-56	2-4	0,28-40	32

1. Конструкционные углеродистые стали

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

1. **Выплавка, горячая и холодная деформация.** Сталь выплавляется в основных мартеновских печах. Хорошо катается в горячем и холодном состоянии. Температурный интервал горячей механической обработки 1300—800°.

Сталь хорошо штампуется в горячем и холодном состоянии, допускает глубокую и весьма глубокую вытяжку, гибку и выколотку.

Изготавливаемые полуфабрикаты: листы холоднокатаные и горячекатаные, ленты холоднокатаные, сортовая сталь горячекатаная и холоднокатаная, прутки, поковки, проволока, трубы.

2. **Неоднородность строения.** Макроструктура слитков из стали 08 кп характеризуется значительной неоднородностью вследствие резко выраженной зональной ликвации вредных примесей, свойственной кипящей стали. В зависимости от места взятия пробы содержание фосфора и серы может быть значительно повышено по сравнению с плавочным (ковшевая проба) анализом.

В результате выгорания углерода при рвзливке кипящих сталей содержание его в полуфабрикате обычно на 0,02—0,03% ниже плавочного.

Микроструктура готового проката характеризуется пониженным содержанием перлита на поверхности и повышенным содержанием неметаллических включений в средней части сечения.

3. **Склонность к старению.** Сталь 08 кп склонна к старению в результате наклепа, получаемого при холодной деформации (примерно ниже 600°). Эта склонность особенно велика у холоднокатаных листов, лент и т. п. профилей.

Старение приводит к повышению твердости и снижению ударной вязкости стали и сопровождается образованием площадок текучести на диаграмме растяжения.

Изменение механических свойств при старении наблюдается после длительного хранения при обычной температуре (естественное старение) или кратковременной (1—2 ч) выдержки при 150—200° (искусственное старение).

Старение возможно также после резкой закалки с температуры 650—720°.

При холодной штамповке состарившейся холоднокатаной стали на поверхности деталей образуются «полосы скольжения». Поэтому во избежание брака состаренный лист слегка обжимают, пропуская перед холодной штамповкой через калыны.

Сталь малоуглеродистая качественная конструкционная

08 кп

Такая обработка обеспечивает общее упрочнение листа («площадки текучести» на диаграмме растяжения исчезают) и устранение брака по линиям скольжения.

4. **Обрабатываемость резанием** [2] и [5]. Сталь плохо обрабатывается на металлорежущих станках.

Относительная обрабатываемость в холоднотяннутом состоянии составляет 50% по отношению к стали А-12 (при $H_s = 126-163$).

5. **Свариваемость.** Сталь хорошо сваривается всеми видами сварки, кроме аргоно-дуговой.

При аргоно-дуговой сварке для получения плотных швов следует употреблять раскислители, нанося их на поверхность кромок соединения с лицевой стороны шва при сварке без присадки, или применять присадочные материалы специального состава.

Рекомендуемые материалы:

а) при ручной дуговой сварке электроды УОНИ-13/45 по НО 518-55;

б) при газовой и атомно-водородной сварке — проволока Св-08А по ГОСТ 2246-54.

в) при автоматической сварке под слоем флюса — проволока Св-08А по ГОСТ 2246-54, флюс АН-348 или АН-348А;

г) при аргоно-дуговой сварке — проволока Св-10ГС, Св-10ГСМ, Св-18ХМА, Св-1Х18Н9Т по ГОСТ 2246-54.

Раскислители:

1) ферроалюминий (50% Fe, 50% Al) нестандартный, в виде тонкой пудры;

2) ферросилиций СИ-45 ГОСТ 1415-49 в виде тонкой пудры.

Раскислители наносятся на связке — лак 9-32 ТУ МХП 3219-52, разбавленный «растворителем» РС-1 до вязкости 11—12 сек. Вольфрам прутковый по НПО.021.612, аргон 1 состава по ТУ МХП 4315-54.

Точечную сварку допускается производить как на «мягких», так и на «жестких» режимах.

Точечную и роликовую сварку, с целью повышения стойкости электродов, можно проводить с интенсивным охлаждением места сварки водой. При повышенной сегрегации вредных примесей в средней части сечения листа, возможны случаи возникновения трещин при всех видах сварки.

Поэтому рекомендуется для ответственных сварных конструкций назначать сталь групп штампваемости «Г» и «ВГ», проходящих специальный контроль по микроструктуре при изготовлении.

7. Нагартовка при холодной деформации [6]. Изменение механических свойств листа марки 08 кп толщиной 1 мм в зависимости от степени обжатия (без старения). Исходный материал в отожженном состоянии.

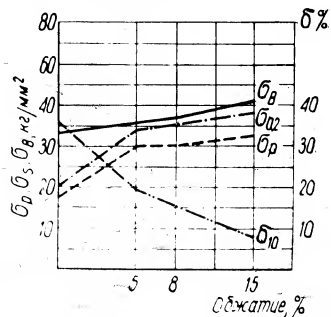


Рис. 2.

8. Ударная вязкость при разных температурах [2]. (1 — сталь нормализованная, 2 — сталь закаленная)

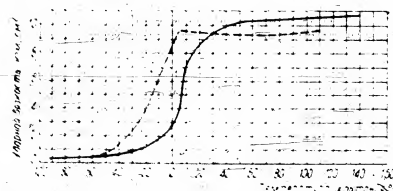


Рис. 3.

9. Физические свойства [5].

а) Теплопроводность λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{см. сек. град}}$

Таблица 9

Температура, °С	100	200	400	500
λ	0,193	0,165	0,123	0,109

б) Теплоемкость C , $\frac{\text{ккал}}{\text{г. град}}$

Таблица 10

Температура, °С	0—100	0—200	0—400	0—600
C	0,111	0,114	0,122	0,135

в) Температуропроводность $a = \frac{\lambda}{\gamma c}$, $\frac{\text{см}^2}{\text{сек}}$

Таблица 11

Температура, °С	100	200	400	500
a	0,224	0,185	0,129	0,102

г) Коэффициент линейного расширения α

Таблица 12

Интервал температур, °С	20—100	20—200	20—400	20—600
$\alpha \cdot 10^6$	11,6	12,6	13,0	14,6

д) Удельный вес $= 7,83 \text{ г/см}^3$.

е) Критические точки: $A_{c1} - 732^\circ$; $A_{c2} - 874^\circ$; $A_{r1} - 680^\circ$; $A_{r2} - 854^\circ$.

10. Коррозионная стойкость. В атмосферных условиях малоустойчива. Применяется лишь при дополнительной защите по НО 273-54 (цинкование), НО 274-54 (кадмирование), НО 269-54 (оксидирование), НО 270-84 (фосфатирование) и НО 544-55 (лакокрасочные покрытия). В кислотах неустойчива.

1. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 6

Предел прочности	(миним.-макс.) средн.	Ударная вязкость (миним.-макс.) средн.
ст и к	названия	
29,4—32,0	30,5—31,1	8,3—9,6
30,8	30,7	9,1

Примечания. 1. Образцы толщиной 2 мм сварены с усилением дуговой сваркой, электрод УОНИ-13/45.
2. Ударные образцы нестандартные.
3. Химический состав стали, %: C=0,05; P=0,009; S=0,017; Mn=0,27; Si=0,03; Ni=0,16; Cr=0,04.

в) Минимально допустимая прочность сварных точек на срез [6].

Таблица 7

Толщина более тонкой детали и соединения, мм	0,3	0,4	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
Диаметр отпечатка от электрода, мм	4—5	4—5	5—6	5—6	6—8	8—10	10—12
Минимально допустимая прочность на срез, кг	75	130	180	400	700	1000	1900

4. Склонность к отпускной хрупкости [1]. Сталь отпускной хрупкости не подвержена.

5. Синеломкость [4]. Сталь 08 кп свойственна синеломкостью, которая проявляется при температурах порядка 300—400°.

Сталь при этом утрачивает свою пластичность при деформировании.

6. Старение. а) Изменение механических свойств при старении (искусственном) малоуглеродистой стали после холодной деформации [2].

Таблица 8

Состояние	σ_s	δ_s	ψ	a_k шар- пи	H_s
Исходное (отжиг)	42,5—42,2	31,2—31,2	68,6—65,8	—	121
» (после прокатки)	—	—	—	6,09	—

Сталь малоуглеродистая качественная конструкционная

08 кп

Таблица 8 (продолжение)

Состояние	σ_s	δ_s	ψ	a_k шар- пи	H_s
После деформирования на 9%	—	—	—	2,08	—
После деформирования и нагрева при 250° в течение 0,5 час	57,2—61,8	17,5—15,5	59,3—48,9	—	156
То же — 2,5 час	—	—	—	1,31	—

Примечание. Состав стали для разрывных образцов, %: C=0,04; Si=0,01.
То же для ударных: C=0,07; Si=0,10.

б) Изменение механических свойств во времени (при комнатной температуре) закаленной от низкой температуры мягкой стали [2]. Закалка с 680° в воде, содержание углерода 0,04%.

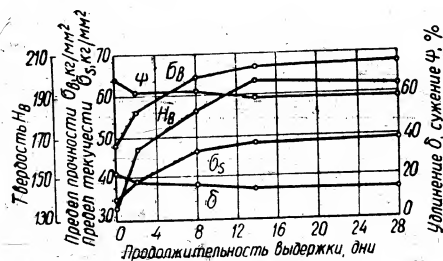


Рис. 1.

1. Конструкционные углеродистые стали

Таблица 2 (продолжение)

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источ-ник	Толщи-на, мм	σ_s	δ_{10} не менее
Лист тонкий горячекатаный	Отожженный или нормализованный, весьма глубокой вытяжки (ВГ)	ГОСТ 914-56	0,2-4,0	28-37	30
	То же, глубокой вытяжки (Г)	"	"	28-39	29
	То же, нормальной вытяжки (Н)	"	"	28-39	27
Лента холоднокатаная, шириной 4-300 мм	ОМ — особо мягкая	ГОСТ 503-41	0,05-3,60	28-40	30
	М — мягкая	"	0,05-3,60	33-45	20
	ПМ — полумягкая	"	0,05-3,60	38-50	10
	ПТ — пониженной твердости	"	0,05-3,60	42-55	4
	Т — твердая	"	0,05-3,60	50-80	не перз.

Примечание. Ленту толщиной менее 0,2 мм изготавливают только ОМ и Т.

3. Глубина выдавливания по Эриксену (для листовой стали).

Таблица 3

Толщина листа, мм	Глубина выдавки, мм не менее		
	(ВГ)	(Г)	(Н)
0,5	9,0	8,4	8,0
1,0	10,5	10,1	9,9
1,5	11,5	11,2	11,0
2,0	12,1	11,9	11,8

Сталь низкоуглеродистая качественная конструкционная 06 кп

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА
(НЕ ВХОДЯЩИЕ В ГОСТЫ И ТУ)

1. Механические свойства основного металла при пониженных и повышенных температурах [6].

Таблица 4

Температура, °C	-100	-50	+20	+100	+200	+300	+400	+500	+600	+700
$\sigma_{0,2}$	41,9	32,2	22,7	21,1	17,8	14,7	12,7	8,9	5,7	2,7
σ_s	43,4	35,4	30,3	30,1	35,9	33,5	22,7	14,2	8,7	4,0
δ_{10}	21,4	49,3	41,9	21,8	18,5	30,1	45,5	60,4	76,4	58,7

Примечания: 1. Испытание производилось на стали состава, %: С=0,05; Мп=0,27; Si=0,03; S=0,017; P=0,009; Ni=0,16; Cr=0,04.
2. Образцы размером: $\phi = 10$ мм; $l_0 = 50$ мм вырезались из листа толщиной 2 мм.

2. Модуль нормальной упругости E кг/мм² [6] (при разных температурах).

Таблица 5

Температура, °C	-170	-100	-50	+20	+300	+400
$E \cdot 10^{-3}$	21,9	21,3	20,8	19,5	17,8	16,7

3. Механические свойства сварных соединений.

а) Расчетный коэффициент прочности при сварке плавлением по отношению к минимальной прочности основного материала для стыковых соединений с усилением — 0,9, для нахлесточных — 0,65.

Примечание. Расчетный коэффициент для нахлесточных соединений является ориентировочным и в каждом случае устанавливается на основании предварительных испытаний сварных соединений.

б) Механические свойства сварных соединений при нормальных температурах [6].

СТАЛЬ МАЛОУГЛЕРОДИСТАЯ КАЧЕСТВЕННАЯ КОНСТРУКЦИОННАЯ 08 кп

Основное назначение — изготовление деталей холодной штамповкой с глубокой вытяжкой.

I. СВОЙСТВА по ТУ и ГОСТам

1. Химический состав (ГОСТ 1050-52).

Таблица 1

Содержание элементов, %						
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni
не более						
0,05—0,12	0,25—0,50	0,03	0,040	0,040	0,15	0,30

2. Механические свойства (в состоянии поставки).

Таблица 2

Вид полуфабриката	Состояние поставки	Источ-ник	Толщи-на, мм	σ_s	δ_{10} не менее
Лист тонкий холоднокатаный	Отожженный или нормализованный, без глубокой вытяжки (ВГ)	ГОСТ 914-56	0,2—4,0	28—37	34
	То же, глубокой вытяжки (Г)	—	—	28—39	32
	То же, нормальной вытяжки (Н)	—	—	28—39	30

Углеродистые стали

3. Магнитные свойства

- μ_0 начальная магнитная проницаемость $\frac{cc}{эрсм}$;
 μ_{max} максимальная магнитная проницаемость $\frac{cc}{эрсм}$;
 H_c коэрцитивная сила в эрстедах;
 B магнитная индукция в гауссах;
 P_h удельные магнитные потери на гистерезис в $\frac{вт}{кг}$.

4. Критические точки

- A_c1 температура превращения перлита в аустенит при медленном нагреве;
 A_c2 температура окончания растворения феррита в аустените при медленном нагреве;
 A_c3 температура превращения аустенита в перлит при медленном охлаждении;
 A_r температура начала выделения феррита из аустенита при медленном охлаждении.

5. Обрабатываемость резанием

При оценке обрабатываемости резанием металлов приведена относительная обрабатываемость резанием, равная отношению скорости резания $V_{ср}$ используемого металла к скорости резания $V_{ср}$ стандартной стали А12 в нормализованном состоянии $V_{ср}$ — скорость резания, соответствующая 60-минутной стойкости резца при определенных условиях резания.

Для цветных сплавов дана только качественная оценка обрабатываемости.

При составлении справочника использованы материалы работ НИИТ и я 989 и НИИТ и я 621, а также литературные источники.

Разработаны конструктивные углеродистые стали (кроме марки 08 кп), инструментальные стали, пружинные стали, марки 40Х, 54Х, А и 3АА, а также свинец, медь и сплавы на медной основе разработаны НИИТ и я 621; ответственные руководители канд. техн. наук А. С. Нехамкин и инж. К. Г. Козлов; по инструментальным сталям разработаны НИИТ и я 989 ответственный руководитель канд. техн. наук В. Н. Нерданский.

Справочник выработан по техническим условиям канд. техн. наук В. В. Нерданский.

1. КОНСТРУКЦИОННЫЕ
УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ

Введение

об изменении механических свойств в зависимости от степени деформации.

Кроме некоторого указания на способность того или иного металла претерпевать различные степени деформации в холодном состоянии, эти данные дают в известной мере представление о возможной неоднородности механических свойств в различных участках отштампованной без нагрева детали.

Для некоторых деформируемых цветных сплавов приведены также данные о зависимости механических свойств от температуры отжига после холодной деформации.

Физические свойства

Конструирование машин требует знания ряда физических свойств материалов. Из большого разнообразия этих свойств в справочнике приведены (по литературным данным) лишь наиболее часто употребляющиеся характеристики:

- коэффициент теплопроводности,
- удельная теплоемкость,
- коэффициент линейного расширения,
- критические точки,
- удельный вес,
- удельное электросопротивление,
- коэффициент относительной электропроводности,
- температурный коэффициент электросопротивления,
- коэффициент трения.

По возможности приведены значения некоторых из этих характеристик при различных температурах.

Некоторые физические свойства (магнитные и др.) приведены только для стали определенных марок.

Коррозионная стойкость

Определение коррозионной стойкости материалов больше, чем какое-либо другое определение является условным, так как зависит от большого количества переменных опыта. Поэтому приведение цифровых данных в конкретных случаях весьма затруднительно. В справочнике даются общие характеристики коррозионной стойкости сплавов и указания на рекомендуемые покрытия при службе в различных атмосферных условиях.

Поведение металлов в специальных условиях должно определяться особо в каждом отдельном случае.

Введение

III. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

В разделе дается представление о способах получения и видах полуфабрикатов, которые могут быть изготовлены из данного сплава.

Кроме того, здесь приведены сведения о специфических особенностях литья,ковки,штамповки,сварки и термообработки сплавов и рекомендуемые основные технологические параметры. Большая часть раздела составлена по данным НИИ п/я 989 и НИИ п/я 621. В раздел входят следующие основные сведения:

- а) выплавка, холодная и горячая деформация,
- б) обрабатываемость резанием,
- в) свариваемость,
- г) термическая обработка.

Остальные технологические особенности приводятся лишь в тех случаях, где они важны.

IV. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

В этом разделе указывается область применения данного металла и приводятся ограничения для отдельных случаев применения.

Введение

лившейся практики поставки. При поставке полуфабрикатов в термически необработанном виде приводятся там, где это необходимо, механические свойства, которыми должны обладать образцы, термически обработанные поставщиком.

В случае производства окончательной термообработки у потребителя, требуемые механические свойства приводятся во II и III разделах справочника. Для легких литейных сплавов требования к механическим свойствам указаны в зависимости от способа отливки (в землю или кокиль) и, кроме того, приведены свойства, требуемые нормалью НГ-11 от образцов, вырезанных из деталей.

Виды термической обработки лития приняты по соответствующим ГОСТам и ТУ.

II. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА (НЕ ВХОДЯЩИЕ В ТУ И ГОСТЫ)

Этот раздел является наибольшим в справочнике. В него входят краткие сведения о разнообразных характеристиках, определяющих служебные свойства металла.

Все характеристики данного раздела являются справочными и включать их в специальные ТУ можно только после уточнения в соответствии с конкретными требованиями.

Особенно осторожно следует пользоваться приведенными здесь графическими данными по механическим свойствам углеродистых сталей (марки 10, 45), полученными при индивидуальной закалке мелких профилей и обычно не достигаемых в производственных условиях при обработке более крупных профилей или партий. Как уже указывалось выше, низкоуглеродистые стали практически закалке не подвергаются вообще. Полнота приводимых во II разделе данных определяется применением сплава и степенью его изученности.

Сведения о пластичности и устойчивости прочности в справочнике, за небольшим исключением, не приводятся.

Значительное место в этом разделе уделено характеристикам кратковременной прочности материалов в условиях повышенных и пониженных температур. В большинстве случаев эти данные взяты из работ НИИ п. я 989 и НИИ п. я 621. В основном при температурных испытаниях определялись: предел прочности (σ_b), условный предел текучести ($\sigma_{0.2}$) и относительное удлинение (δ). В некоторых случаях определялась также ударная вязкость (α_k), относительное сужение поперечного сечения (ψ) и предел пропорциональности (σ_p).

Введение

При определении этих характеристик выдержка образцов по достижении заданной температуры составляла 5 мин, после чего начиналось нагружение образца. Суммарное время нагрева образца составляло около 25 мин, скорость движения захвата разрывной машины — 3 мм/мин.

Для ряда марок механические свойства при повышенных и пониженных температурах заимствованы из литературных источников (с указанием в каждом случае на источник).

Модули нормальной упругости (E) и сдвига (G) в зависимости от температуры испытаний определялись НИИ п. я 989 и в отдельных случаях брались из литературных источников.

Практически важным подразделом являются механические свойства сварных соединений. Трудности установления прочностных характеристик сварных соединений общезвестны. На их величины сильно влияет состав электродов, режим сварки и другие факторы. Поэтому приведенные в этом разделе данные следует рассматривать лишь как типичные, подлежащие уточнению в каждом случае практического применения.

В этом подразделе, как правило, приводятся следующие характеристики: коэффициент прочности сварного шва, выполненного различными видами сварки, прочность сварных точек на срез и сведения об изменении прочности сварных соединений в зависимости от температуры испытания. При этом методика испытаний оставалась той же, что и для температурных испытаний основного металла, но определялась лишь предел прочности или разрушающее усилие в кг.

Изотермический распад аустенита и прокаливаемость

Для сталей, применяемых с закалкой и отпуском, в справочнике приводятся в графической форме данные по изотермическому распаду аустенита. Как правило, эти графики построены в координатах «температура — процент распада», принятых В. Д. Садовским при составлении его известного атласа.

Для сталей этих же марок по возможности приводятся графические данные по прокаливаемости.

Изменение механических свойств при холодной деформации (нагартовке)

Ввиду широкого применения холодной штамповки для штампованных конструкций, изготавливаемых без последующей термообработки, считено необходимым включить в справочник для металлов, применяемых в листовых штамповках, данные

Оглавление	
Сталь высокоуглеродистая инструментальная ХГ	227
Хромистая инструментальная сталь ХГ	234
5 Пружинные стали	241
Сталь углеродистая пружинная П-I, П-II, В-I, В-II	243
Сталь качественная углеродистая пружинная 70 (ОВ)	260
Сталь марганцовистая пружинная 65Г	265
Сталь кремнистая пружинная 60С2А	274
Сталь никелькремнистая пружинная 65Н2А	286
Сталь хромованадиевая пружинная 60ХФА	298
6 Чугуны	309
Отливки из серого чугуна СЧ15-32, СЧ18-36	311
Отливки из антифрикционного серого чугуна СЧН1-СЧН3	318

ВВЕДЕНИЕ

Сведения по каждой марке материала в Справочнике расположены по разделам:

- I. Свойства по ТУ и ГОСТам
- II. Основные свойства (не входящие в ТУ и ГОСТы)
- III. Технологические свойства
- IV. Область применения

Ниже даются пояснения по содержанию каждого раздела.

1. СВОЙСТВА ПО ТУ И ГОСТАМ

В этом разделе помещены требования к химическому составу и механическим или особым свойствам для различных видов поставляемых полуфабрикатов. При этом размеры полуфабрикатов оговариваются лишь в тех случаях, когда эти размеры являются требованиями по механическим свойствам. Таким образом, настоящий справочник не включает в себя указаний по рекомендуемым сортаменту.

В тех случаях, когда технические условия или ГОСТ предусматривают условное обозначение характера термической обработки, твердости, точности размеров и т. п., эти обозначения приводятся в графе «вид полуфабриката» или «сортамент».

Низкоуглеродистые стали, за исключением науглероживаемых, поставляются обычно в термически необработанном виде, поскольку последняя слабо влияет на их свойства. Остальные конструкционные стали поставляются, как правило, в отожженном или нормализованном (иногда и высокопрочном) состоянии, с механическими свойствами, соответствующими требованиям, приведенным в настоящем разделе. Термическая обработка этих сталей на необходимые для работы свойства осуществляется потребителем, а данные об этих свойствах приводятся в графе «термическая обработка».

Механические свойства цветных металлов и сплавов, а также сталей, привнесенные в этом разделе, относятся к состоянию после механической обработки, так и без нее, в зависимости от условий

Справочник предназначен для конструкторов и технологов машиностроительных заводов. В справочнике помещены основные сведения о черных и цветных металлах, излучающих главным образом, на изготовление штампованных конструкций.

В справочнике уделено особое внимание механическим свойствам металлов и сварных соединений при положительных и отрицательных температурах, а также данным по свариваемости аргона дуговой и другими видами сварки.

В справочнике приведен ряд новых сведений о свариваемости деформируемых алюминиевых сплавов и конструктивных материалов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Условные обозначения, принятые в таблицах и диаграммах справочника	10
1. Конструкционные углеродистые стали	13
Сталь малоуглеродистая, качественная, конструкционная	13
Сталь малоуглеродистая 10, 10П	20
Сталь малоуглеродистая 15, 15А (селект)	31
Сталь малоуглеродистая 20, 20А	37
Сталь среднеуглеродистая 25	43
Сталь среднеуглеродистая 35	51
Сталь среднеуглеродистая 45	60
Автоматная сталь А12	71
Автоматная сталь А20	77
2. Конструкционные легированные стали	81
Сталь марганцовистая малоуглеродистая 15Г1А (10Г2)	81
Сталь марганцовистая малоуглеродистая 12Г2А	91
Хромистая конструкционная сталь 40Х	107
Хромомарганцевомангановая сталь 25ХГФА	117
Хромокремнемарганцовистая сталь 25ХГСА	123
Хромокремнемарганцовистая сталь 30Х1СА	133
3. Стали с особыми свойствами	151
Сталь теплоустойчивая хромомолибденовая малоуглеродистая, повышенной химической стойкости 12Х1МА	153
Сталь нержавеющая хромистая 1Х13 (3Ж1)	168
Сталь нержавеющая хромистая 2Х13 (3Ж2)	174
Сталь кислотостойкая хромоникелевая 1Х18Н9(Я1), 2Х18Н9(Я2)	179
Сталь кислотостойкая хромоникелевая с титаном 1Х18Н9Т(Я1Т)	185
Сталь листовая электротехническая Э42(Э1АА)	194
Сталь низкоуглеродистая электротехническая (железо) типа Армоко А и ЭАА	200
4. Инструментальные стали	211
Сталь высокоуглеродистая инструментальная 37	215
Сталь высокоуглеродистая инструментальная 37А	221

СПРАВОЧНИК
ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ
МАТЕРИАЛАМ

ЧАСТЬ I

ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Под общей редакцией канд. техн. наук
В. И. МОРОЗОВСКОГО

ДОМ ПЛАНИР.
МОСКВА 1957